

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**

**ZHODNOCENÍ SOUČASNÝCH TRENDŮ
SKLÁDKOVÁNÍ ODPADŮ**

**ASSESSING OF CURRENT TRENDS IN
LANDFILLING**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.

Bakalant: Jan Semín

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Semín

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

Zhodnocení současných trendů skládkování odpadů

Název anglicky

Assessing of current trends in landfilling

Cíle práce

Seznámit se s problematikou odpadového hospodářství a technikou a technologií skládkování směsného komunálního odpadu. Uskutečnit teoretický a laboratorní rozbor vybraných vzorků odpadů pro jejich další využití. Zhodnotit výsledky měření a posoudit využití vybraných vzorků.

Metodika bakalářské práce vychází z určených klasifikačních, jakostních a specifikačních rámců směsného komunálního odpadu určených pro uložení na skládku a charakteristiku souvisejících právních předpisů a dostupných technologií.

Praktická část bakalářské práce zahrnuje uskutečnit analýzy vybraných vzorků směsných komunálních odpadů a provést návrh dalšího využití.

Metodika

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Přehled řešené problematiky
- 5 Praktická část práce
- 6 Výsledky a jejich hodnocení
- 7 Závěr a doporučení
- 8 Seznam použitých zdrojů
- 9 Přílohy

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

Směsný komunální odpad, zákon o odpadech, skládka, elementární rozbor

Doporučené zdroje informací

Filip, J.; Oral, J.: Odpadové hospodářství II. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 78 s. ISBN 80-7157-682-4

Juchelková, D.; Fibinger, V.; Míka, J.: Metody nakládání s odpady. 1. vydání. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 1996. 62 s. ISBN 80-7078-309-5

Juchelková, D.: Likvidace a využití odpadů. Ostrava, VŠB TU Ostrava, 2000. ISBN 80-7078-747-3

Kuraš, M. Odpadové hospodářství. 1. vyd. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 2008. 152 str. ISBN 978-80-86832-34-0.

Kuraš, M. Technologie zpracování odpadů. 2. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 1993. 279 str. ISBN 80-7080-195-6

Obroučka, K.: Termické zneškodňování odpadů. VŠB Ostrava, Ostrava 1997, 140 s.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 6. 9. 2018

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 9. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 06. 2020

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Zhodnocení současných trendů skládkování odpadů vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Březové 24.06.2020

.....

Jan Semín

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Janovi Malat'ákovi, Ph.D. za vstřícnost, cenné rady a metodické vedení práce. Také bych rád poděkoval panu Radkovi Martínkovi za seznámení s provozem skládky Tisová a panu Romanovi Klimešovi ze spalovny Plzeň – Chotíkov za odpovědi na mé dotazy.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá zhodnocením současných trendů skládkování odpadů se zaměřením na energetické využití komunálního odpadu, který je na skládky ukládán. Je zde uveden postup při nakládání s komunálním odpadem a popsány postupy řízeného skládkování a platná legislativa, kterou se řídí. Popisuje druhy skládek, jejich technické vybavení a zabezpečení. Praktická část se zabývá skládkou Tisová, kde byl prováděn odběr ukládaného odpadu, kdy na základě 10 odebraných vzorků bylo vyhodnoceno průměrné složení jednotlivých složek odpadu, je proveden laboratorní rozbor hořlavých látek, které jsou v závěru zhodnoceny a doporučeny k dalšímu energetickému využití na základě stanovené průměrné výhřevnosti odpadu, která činí $10,82 \text{ MJ.kg}^{-1}$.

Klíčová slova: směsný komunální odpad, zákon o odpadech, skládka, elementární rozbor

ABSTRACT

The main aim of this Bachelor's thesis is the evaluation of current trends in landfill waste with a focus on the energy recovery of municipal waste that is deposited in landfills. It describes the procedure of municipal waste, procedures of controlled landfilling as well as the applicable legislation. The thesis is focusing on types of landfills, their technical equipment and security. The practical part is dealing with the landfill Tisová, where the waste is collected, and from which the average composition of individual components of waste based on 10 samples is evaluated. Then follows the laboratory analysis of flammable substances with its evaluation in conclusion, including the recommendation for further energetic utilization due to average calorific value of waste which is 10.86 MJ.kg^{-1} .

Keywords: mixed municipal waste, waste law, landfill, elementary analysis

OBSAH

1	ÚVOD	12
2	CÍL PRÁCE	13
3	METODIKA PRÁCE	14
4	PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	15
4.1	PRÁVNÍ ÚPRAVA	15
4.2	TECHNICKÉ NORMY	16
4.3	ZÁKLADNÍ POJMY ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ	17
4.4	KOMUNÁLNÍ ODPAD	18
4.4.1	<i>Sběr a svoz komunálního odpadu</i>	20
4.4.2	<i>Třídění odpadu</i>	20
4.4.3	<i>Recyklace</i>	21
4.4.4	<i>Spalování</i>	21
4.4.5	<i>Kompostování</i>	22
4.5	SKLÁDKOVÁNÍ	24
4.5.1	<i>Technický vývoj skládkování</i>	25
4.6	SKLÁDKY	25
4.6.1	<i>Dělení skládek dle skupin</i>	26
4.6.2	<i>Dělení skládek dle způsobu ukládání odpadu</i>	27
4.6.3	<i>Dělení skládek dle tvaru</i>	27
4.6.4	<i>Umístění skládky</i>	28
4.6.5	<i>Výstavba skládky</i>	29
4.7	TECHNICKÉ VYBAVENÍ SKLÁDEK	29
4.7.1	<i>Těsnicí systém skládky</i>	29
4.7.2	<i>Drenážní systém skládky</i>	31
4.7.3	<i>Technické zařízení skládky</i>	31
4.7.4	<i>Odplynění skládky</i>	32
4.7.5	<i>Monitorovací systém skládky</i>	32
4.8	PROVOZ SKLÁDKY	32
4.8.1	<i>Provozní dokumentace skládky</i>	33
4.9	UKLÁDÁNÍ ODPADŮ NA SKLÁDKY	33
4.10	PROCESY PROBÍHAJÍCÍ NA SKLÁDKÁCH KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ	34
4.11	VÝLUHY ZE SKLÁDEK	36

4.11.1	<i>Složení výluhů</i>	36
4.11.2	<i>Nakládání s výluhy ze skládky komunálního odpadu</i>	37
4.12	UZAVÍRÁNÍ SKLÁDKY	38
4.12.1	<i>Technická rekultivace skládky</i>	38
4.12.2	<i>Biologická rekultivace skládky</i>	39
4.13	SKLÁDKA PO UZAVŘENÍ	39
5	PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE	41
5.1	SKLÁDKA TISOVÁ	41
5.1.1	<i>Provozní objekty a vybavení</i>	42
5.1.2	<i>Pozemní komunikace</i>	43
5.1.3	<i>Ochrana skládky před vnikem povrchových vod z okolí</i>	43
5.1.4	<i>Těsnicí systém a drenážní potrubí</i>	43
5.1.5	<i>Řešení tvorby průsakových vod</i>	44
5.1.6	<i>Nakládání s podzemními vodami</i>	44
5.1.7	<i>Oddělení sektorů S-001 a S-003</i>	45
5.1.8	<i>Nakládání se skládkovým plynem</i>	45
5.1.9	<i>Doprava skládkového plynu</i>	46
5.1.10	<i>Likvidace skládkového plynu</i>	47
5.1.11	<i>Monitorování podzemních vod</i>	49
5.1.12	<i>Postup ukládání odpadu</i>	49
5.1.13	<i>Uzavírání a rekultivace skládky</i>	49
5.1.14	<i>SWOT analýza skládky Tisová</i>	50
5.2	ODBĚR VZORKŮ ULOŽENÉHO ODPADU.....	51
5.3	VÝSLEDNÉ HODNOTY JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK ODEBRANÉHO SMĚSNÉHO KOMUNÁLNÍHO ODPADU ...	52
5.3.1	<i>Odebraný vzorek č.1</i>	53
5.3.2	<i>Odebraný vzorek č.2</i>	53
5.3.3	<i>Odebraný vzorek č.3</i>	54
5.3.4	<i>Odebraný vzorek č.4</i>	54
5.3.5	<i>Odebraný vzorek č.5</i>	55
5.3.6	<i>Odebraný vzorek č.6</i>	55
5.3.7	<i>Odebraný vzorek č.7</i>	56
5.3.8	<i>Odebraný vzorek č.8</i>	56
5.3.9	<i>Odebraný vzorek č.9</i>	57
5.3.10	<i>Odebraný vzorek č.10</i>	57
5.4	ZHODNOCENÍ HMOTNOSTI JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK ODPADU	58

5.5	PODÍL HOŘLAVÝCH A NEHOŘLAVÝCH LÁTEK SMĚSI	58
5.6	LABORATORNÍ ROZBOR SMĚSNÉHO KOMUNÁLNÍHO ODPADU	59
5.6.1	<i>Metodika měření</i>	59
5.6.2	<i>Analyzátor LECO TGA 701</i>	60
5.6.3	<i>Kalorimetr LECO AC-600</i>	61
5.6.4	<i>Elementární analyzátor CHN628 + S</i>	62
6	VÝSLEDKY A JEJICH HODNOCENÍ	63
6.1	VÝSLEDNÝ PRŮMĚR JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK ODEBRANÝCH VZORKŮ	63
6.2	VÝSLEDNÝ LABORATORNÍ ROZBOR HOŘLAVÝCH SLOŽEK ODPADU	65
6.2.1	<i>Plasty</i>	65
6.2.2	<i>Biologicky rozložitelný odpad</i>	66
6.2.3	<i>Papír</i>	67
6.2.4	<i>Textil</i>	67
6.3	VÝHŘEVNOST PRŮMĚRNÉHO SLOŽENÍ ODPADU	68
6.4	POSOUZENÍ KONEČNÝCH HODNOT VÝHŘEVNOSTI	70
7	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ	72
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	75
8.1	ODBORNÉ PUBLIKACE	75
8.2	LEGISLATIVNÍ ZDROJE	78
8.3	INTERNETOVÉ ZDROJE	79
8.4	SEZNAM TABULEK	80
8.5	SEZNAM OBRÁZKŮ	81

Seznam použitých zkratk

BRO – Biologicky rozložitelný odpad
BRKO – Biologicky rozložitelný komunální odpad
C/PAP – Vícevrstvý obal – nápojový karton
ČSN – Česká technická norma
DN – Jmenovitý vnitřní průměr potrubí
ES – Evropská směrnice
EU – Evropská unie
HZS – Hasičský záchranný sbor
ISO – Mezinárodní organizace pro normalizaci
KO – Komunální odpad
LDPE – Nízkohustotní polyetylen
MZ – Ministerstvo zdravotnictví
MŽP – Ministerstvo životního prostředí
NO_x – Oxidy dusíku
PEHD – Polyethylen s vysokou hustotou
PET – Polyethylentereftalát
PP – Polypropylen
PS – Polystyren
PVC – Polyvinylchlorid
SKO – Směsný komunální odpad
SUAS – Sokolovská uhelná, a. s.
TNO – Technická norma odpadového hospodářství
ZEVO – Zařízení pro energetické využití odpadů

1 ÚVOD

Většina lidských činností je spojena se vznikem nějakého odpadu. Je potřeba tento odpad likvidovat, nebo dále zpracovávat a využívat. Samozřejmě se při těchto činnostech musíme řídit platnými zákony a vyhláškami. Nejvíce diskutovaným je komunální odpad, kterým je definován veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako odpad komunální v prováděcím právním předpisu s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. Tento odpad je potřeba třídít a shromažďovat, poté svázet, nějakým způsobem dále využít, nebo likvidovat. Odpad je umístován do kalibrovaných nádob, určených ke sběru odpadu nebo také do sběrných dvorů, kde se většinou shromažďuje odpad větších rozměrů, který by se do popelnic nevešel, nebo odpad, který není určen ke skládkování, např. elektroodpad. Ve sběrných dvorech jsou také umístěny kontejnery pro biologicky rozložitelný odpad větších rozměrů, jako jsou větve a tráva ze zahrad. Tento odpad je odvážen přímo do kompostárny. Komunální odpad je převážně vozou určenými ke svozu odpadu do třídíren nebo rovnou na skládku odpadů, kde je ukládán. Technické zabezpečení skládek je dnes na vysoké úrovni, ale vždy je potřeba takovou skládku monitorovat a kontrolovat její chod. Skládky by vždy měly být řádně zabezpečena z hlediska uvolnění nebezpečných látek z odpadu do okolí a proti vstupu nepovolaných osob. Každá skládka musí být vybavena systémem pro jímání skládkové vody, která z odpadu vytéká, a také systémem pro jímání skládkového plynu, který při skládkování odpadů vzniká. Komunální odpad začíná být velkým problémem, protože skládkování dle legislativy Evropské unie by mělo být do roku 2030 ukončeno. Samozřejmě je třeba položit si otázku: Co s komunálním odpadem? Je nezbytné zaměřit se na jeho další využití, protože je možné, že komunální odpad v sobě skrývá velký potenciál v podobě energetického využití, tedy jako paliva pro výrobu tepla a elektrické energie ve spalovnách komunálních odpadů. Je tedy potřeba zjistit složení komunálního odpadu a provést elementární rozbor jednotlivých složek a poté určit, zda je směsný komunální odpad opravdu vhodný k využití jako palivo pro spálení ve spalovně odpadů. Spalování odpadů se dnes samozřejmě provádí, avšak v České republice není tak rozšířené. Do budoucna se ovšem naše republika bude muset přizpůsobit směrnici Evropské unie a začít odpad více třídít, spalovat a na skládku ukládat jen ten odpad, který už nepůjde opětovně využít, nebo spálením převést na určitý druh energie.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je zhodnotit efektivitu řízeného skládkování, tedy zda ukládaný komunální odpad není možné ještě dále energeticky využít například spálením ve spalovně. Bude potřeba odebrat určité množství odpadu přímo ze skládkového tělesa a zjistit obsah jednotlivých složek ukládaného komunálního odpadu, změřit jejich výhřevnost, spalné teplo, obsah popela a plynných látek, které při spalování vzniknou. Důležitý je samozřejmě podíl látek směsného komunálního odpadu, které je možno energeticky využít. Jedním z cílů je stanovit podíl hořlavých a nehořlavých látek v odebraných vzorcích komunálního odpadu a zhodnotit, jestli je podíl hořlavých látek v směsném komunálním odpadu tak vysoký, aby jeho spálení bylo přínosnější pro životní prostředí než uložení na skládku.

3 METODIKA PRÁCE

V teoretické části bakalářské práce jsou uvedeny platné právní a technické normy pro skládkování odpadů. Definice, co je směsný komunální odpad a jak je s ním nakládáno, než dojde k jeho samotnému uložení na skládku. Je potřeba zdůraznit přehled platné legislativy skládkování odpadů, co samotné skládkování vlastně je a za jakých podmínek probíhá. Dále obsahuje popis druhů skládek a způsob jejich výstavby, také technické vybavení skládek a jejich zabezpečení. Jsou zde popsány procesy, které na skládkách probíhají a za jakých podmínek. V závěru teoretické části je popsána rekultivace skládek a jejich následné monitorování. Praktická část se zabývá rozbořem řešené problematiky, a to zhodnocením ukládaného odpadu a jeho materiálového složení. Je zde uveden popis zájmového území skládky Tisová, dále informace z provozního řádu skládky, fotodokumentace, popis technického vybavení skládky, průběh uzavírání a rekultivace a také SWOT analýza zájmového území. Následuje 10 odběrů vzorků 1x za 14 dní přímo ze skládkového tělesa a jejich roztržení na jednotlivé složky. Každý odebraný vzorek je zvážěn a roztržen na jednotlivé složky, které jsou poté také zváženy. K určení hmotnosti bylo použito kalibrované váhy KPZ 58-2. Z odebraných vzorků je vypočten průměrný hmotnostní vzorek, ze kterého je určeno průměrné procentuální zastoupení jednotlivých složek. Průměrný hmotnostní vzorek je rozdělen na hořlavé a nehořlavé látky a je vypočten jejich procentuální podíl. Z hořlavých látek je proveden laboratorní rozbor k určení jejich výhřevnosti, spalného tepla, obsahu síry, vodíku, uhlíku a dusíku. Je zde důkladně popsána metodika laboratorního postupu a přístrojového vybavení, které bylo k rozboru použito. Následuje zhodnocení výsledků laboratorního měření, výpočet průměrné výhřevnosti, závěr a doporučení pro další energetické využití.

4 PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

4.1 Právní úprava

Nejdůležitějším zákonem v odpadovém hospodářství je v současnosti zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Tímto zákonem se řídí právnické a fyzické osoby, které nakládají s odpady. Zákon definuje, kdo a jakým způsobem smí s odpadem nakládat. Určuje, jaké povinnosti musíme dodržovat při nakládání s odpadem. Nařizuje povinnosti provozovatele skládky, poplatky za uložení odpadu, finanční zajištění, technické zabezpečení. Jsou v něm uvedeny povinnosti přepravce odpadů. Udává, jak předcházet vzniku odpadů, jak s odpady zacházet a chránit tak životní prostředí a lidské zdraví. Omezuje nepříznivé dopady využití přírodních zdrojů a určuje povinnosti a práva zúčastněných osob odpadového hospodářství a pole působnosti státních orgánů. Dle tohoto zákona je odpadem: „*Opad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.*“ (Hlavatá, 2004)

Dále několik vyhlášek, které musí dodržovat skládky komunálních odpadů. Mezi tyto vyhlášky patří:

Vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Vyhláška MŽP a MZ č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů

Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu

Vyhláška č. 341/2008 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady) Dalším zákonem odpadového hospodářství je *zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů*. Tento zákon má za úkol ochranu životního prostředí předcházením vznikání obalů. „*Účelem tohoto zákona je chránit životní prostředí předcházením vzniku odpadů z obalů, a to zejména snižováním hmotnosti, objemu a škodlivosti obalů a chemických látek*1) (dále jen "látky") v těchto obalech obsažených v souladu s právem Evropské unie.2) Tento zákon stanoví práva a povinnosti podnikajících právnických a fyzických osob (dále jen "osoba") a působnost správních úřadů při nakládání s obaly a uvádění obalů a balených výrobků na trh nebo

do oběhu, při zpětném odběru a při využití odpadu z obalů a stanoví poplatky a ochranná opatření, opatření k nápravě a pokuty.“ (Hlavatá, 2004)

4.2 Technické normy

ČSN 83 8030 Skládkování odpadů – Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek

Touto normou jsou dány základní podmínky pro návrh a stavbu povrchových skládek odpadů.

ČSN 83 8032 Skládkování odpadů – Těsnění skládek

Touto normou se provádí návrhy výstavby těsnění nových skládek, kontrola těsnění skládek a používá se i u již provozovaných skládek. Norma je určena i pro návrhy a výstavbu těsnícího systému, který se provádí při uzavírání skládky a její rekultivaci. Jsou v ní definované metody kontroly těsnícího materiálu. Dále stanovuje vhodné materiály pro návrh těsnícího systému skládky. Norma není určena pro návrhy skládek radioaktivního odpadu, výstavbu podzemních skládek a nádrží na ukládání odpadů, které nemají pevnou konsistenci.

ČSN 83 8033 Skládkování odpadů – Nakládání s průsakovými vodami ze skládek

Touto normou se provádí kontrola jakosti, shromažďování, soustředování a odvádění průsakových vod ze skládek odpadů. Provádí se podle ní návrhy kontrolních nádrží, jímek průsakových vod a drenážních systémů skládek, je v ní stanoveno použití vhodných materiálů, jejich parametry a možné kombinace. Norma není určena pro čištění a úpravu průsakových vod.

ČSN 83 8034 Skládkování odpadů – Odplynění skládek

V této normě se definují zásady, které je třeba dodržovat při tvorbě návrhu, výstavby, zkoušky a provozu plynových zařízení skládek, ve kterých vzniká skládkový plyn. Jsou v ní uvedené i některé vlastnosti skládkového plynu.

ČSN 83 8035 Skládkování odpadů – Uzavírání a rekultivace skládek

V této normě jsou určeny základní podmínky pro uzavírání a rekultivaci skládek.

ČSN 83 8036 Skládkování odpadů – Monitorování skládek

Touto normou jsou dány základní podmínky, kterými se provádí monitorování skládek, které jsou provozované i uzavřené. Je monitorován vliv na okolí skládky, funkčnost konstrukčních prvků, částí, jejich chování a bezpečnost.

4.3 Základní pojmy odpadového hospodářství

Dle základního ustanovení zákona 185/2001 Sb., se používají tyto pojmy:

komunální odpad – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání

odpad podobný komunálnímu odpadu – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů

nebezpečný odpad – odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelného předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů

odpadové hospodářství – činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností

skládka – zařízení zřízené v souladu se zvláštním právním předpisem a provozované ve třech na sebe bezprostředně navazujících fázích provozu, včetně zařízení provozovaného původcem odpadů za účelem odstraňování vlastních odpadů a zařízení určeného pro skladování odpadů

oprávněná osoba – každá osoba, která je oprávněna k nakládání s odpady podle tohoto zákona nebo podle zvláštních právních předpisů

odstranění odpadů – činnost, která není využitím odpadů, a to i v případě, že tato činnost má jako druhotný důsledek znovuzískání látek nebo energie; v příloze č. 4 k tomuto zákonu je uveden příkladný výčet způsobů odstranění odpadů

nakládání s odpady – obchodování s odpady, shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů

odstranění odpadů – činnost, která není využitím odpadů, a to i v případě, že tato činnost má jako druhotný důsledek znovuzískání látek nebo energie; v příloze č. 4 k tomuto zákonu je uveden příkladný výčet způsobů odstranění odpadů

oprávněná osoba – každá osoba, která je oprávněna k nakládání s odpady podle tohoto zákona nebo podle zvláštních právních předpisů. (dle §4 zákona č. 185/2001 Sb.)

4.4 Komunální odpad

Lidstvo produkuje odpad od nepaměti, s rostoucím počtem populace se zvyšuje i produkce odpadu. Odpad existuje v mnoha formách. Většinou se jedná o rozbité předměty, staré elektrospotřebiče, obaly, potravinářský odpad, sběrový papír, sklo atd. (Morgan, 2009)

S komunálním odpadem se setkáváme každý den, jedná se o heterogenní směs složenou z věcí nehomogenního charakteru, které pro člověka ztratily svou hodnotu, jako jsou obaly výrobků, stavební odpad, oblečení, nábytek, odpad z údržby venkovní zeleně atd. Lidé ani netuší, co všechno končí ve sběrných nádobách komunálního odpadu. Soustředí se jen na ten odpad, který se nevejde do sběrných nádob a potřebují ho někam vyhodit, jako jsou staré nefungující spotřebiče, nábytek, ale i bioodpad ze zahrádek. Směsný komunální odpad není zařazen do kategorie nebezpečného odpadu a lidé jako původci tohoto odpadu s ním nemusejí zacházet, tak jako by se jednalo o odpad nebezpečný. Komunálním odpadem dle zákona je: *veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání*. Komunálními odpady jsou odpad z domácností, který nazýváme jako domovní odpad, odpady z ulic a ze zahrádek, odpady z malých průmyslových provozů, prodejen, škol a dalších institucí a také kaly z čistíren odpadních vod. (Filip et Oral, 2003; Hlavatá, 2004; Tchobanoglous et al. 1977)

Komunální odpad je charakteristický svou nestabilitou, zápachem, hnojícími procesy. Nalezneme v něm i nebezpečné látky používané v domácnosti, jako jsou různé chemikálie, léčiva, kyseliny z baterií, rtuť ze zářivek. Tyto odpady jsou velmi různorodé a jejich složení se stále mění, v závislosti na ročním období a typu zástavby dané oblasti. Největší složkou komunálního odpadu je tzv. domovní odpad. Tento odpad má velice proměnlivé složení, které se mění i ze dne na den. Největší rozdíl můžeme nalézt v lokalitách, kde jsou používány rozdílné metody vytápění. V lokalitách, které jsou vytápěny tuhými palivy, bývá v odpadu vysoká koncentrace popela, a to hlavně v zimních měsících. Naopak v lokalitách vytápěných jiným způsobem, bude složka popela minimální. Rozdílné bude i složení v letních měsících, kdy v odpadu končí více rostlinných zbytků, a to je důvodem vyšší vlhkosti odpadu. V dalších letech zřejmě klesne produkce popela, protože spousta domácností přechází na modernější typy vytápění, ale samozřejmě lze očekávat růst produkce plastů a papíru, hlavně z důvodu zvýšené produkce obalů. V komunálním odpadu můžeme nalézt složky jako: papír a lepenku – 13,4 %, textil – 5,4 %, plasty – 4,2 %, pryž – 2,7 %, kuchyňský odpad – 41,8 %, sklo – 6,6 %, minerální odpad – 3,0 %, popel – 16,7 %, kovy – 6,2 %. Pro komunální odpad je také charakteristická vlhkost, která se pohybuje v rozmezí 15–70 % a vyšší bývá většinou v letních měsících, kdy se zde nachází více bioodpadu. (Filip et Oral, 2003; Hlavatá, 2004)

V obcích je dále produkován odpad podobný odpadu komunálnímu, který mívá podobné složení, ale jeho původci jsou fyzické a právnické osoby, které zde provozují podnikatelskou činnost. Původci odpadu mají povinnost zařazovat odpad podle kategorie a druhu dle Katalogu odpadů, kde je komunální odpad zařazen do skupiny 20. Katalog odpadů rozděluje odpad na dvě kategorie: nebezpečný odpad a ostatní odpad. V komunálním odpadu můžeme najít i nebezpečné látky například: baterie, chemikálie, pesticidy, kyseliny, lepidla, barvy. Tento odpad je potřeba dále přetřídit, aby nedocházelo k jeho uložení na skládku a znečištění životního prostředí. (Kuraš a kol. 2008)

Nejefektivnější způsob odstranění komunálního odpadu je v současnosti spalování ve spalovnách, spalování se provádí při vysokých teplotách v rozmezí 450–850 °C. (Kizlink, 2014)

4.4.1 Sběr a svoz komunálního odpadu

Sběr komunálního odpadu je uskutečňován v místě jeho původu, tzn. v domácnostech, kancelářích, restauracích a průmyslových provozech. Tento odpad bývá vhazován do nádob jako jsou odpadkové koše různých typů, nebo menší kontejnery o objemu do 60 litrů. Z těchto nádob putuje odpad do plechových nebo plastových nádob o objemu od 70 do 1100 l. Tomuto sběru odpadu říkáme donáškový způsob, kdy lidé odpad donesou v odpadních pytlích do sběrných nádob nebo kontejnerů. Tyto nádoby jsou umístěné na místech určených ke svozu odpadu, většinou na ulici před domy. Nádoby jsou vyráběny z materiálu s dlouhou životností, dnes většinou z plastu nebo plechu. Pro odpad větších rozměrů jsou v obcích zřízeny sběrné dvory. Ve sběrných dvorech se shromažďuje odpad jako jsou staré elektrospotřebiče, kovový šrot, nábytek, stavební suť a odpad ze zahrad. Svoz komunálního odpadu je prováděn speciálními vozidly firmou, se kterou má příslušná obec zřízenou smlouvu. Nejčastěji vozidla, která jsou vybavena rotačním stlačováním. Tyto vozy jsou založeny na systému válcové nádoby na odpad, ve které je odpad stlačován šroubovicí. A k vysypání odpadu slouží hydraulické sklápění a výklopné víko. (Hlavatá, 2004)

4.4.2 Třídění odpadu

Třídění odpadů je důležité pro ochranu životního prostředí a je prováděno ve všech zemích EU. Tříděním odpadů snižujeme produkci odpadu, protože různé složky můžeme ještě dále využít. Dříve bylo prováděno centrální třídění, které měla na starost centrální třídárna, dnes je však uplatňováno třídění v místě vzniku odpadu pomocí speciálních košů, kontejnerů a sběrných dvorů. Odpad je tříděn většinou už v obydlích, kde ho lidé dělí na suchou a mokrou frakci. Suchou frakcí rozumíme: papír, lepenku, plasty, kov, textilie, sklo. Tento druh odpadu je odkládán do speciálních kontejnerů nebo sběrných dvorů. Mokrou frakcí rozumíme biologický odpad. Odpad dále dělíme na spalitelný a nespalitelný. Toto třídění je prováděno donáškovým sběrem, kdy lidé odnášejí papír, sklo a plasty do speciálních nádob, které jsou určeny pro tříděný odpad a jsou umístěné na veřejných prostranstvích, v blízkosti nákupních center, zastávek veřejné dopravy apod. z důvodu dobré dostupnosti občanům, bezproblémovému naložení a odvozu odpadu k dalšímu zpracování. Lidé dále třídí elektroodpad, který ať už odvozovým nebo donáškovým způsobem ukládají do sběrných dvorů, případně

míst k tomu určených. Odpad je také možné třídít pomocí sběren sběrných surovin, které vykupují, železo, drahé kovy, ale i papír a lepenku. Efektivita tohoto postupu samozřejmě záleží na mentalitě a povědomí lidí, které je potřeba informovat pomocí médií a vzdělávacích programů už od dětství. (Filip et al. 2003)

Bylo vypracováno mnoho studií, které měly za cíl, pochopit roli demografických a socioekonomických ukazatelů v jednání lidské populace vůči životnímu prostředí. Výsledky těchto studií dokazují, že sociální ukazatele hrají velice důležitou roli. (Derksen a Gartrell, 1993)

4.4.3 Recyklace

Recyklace je opětovné využití neboli návrat do procesu, ve kterém ke vzniku odpadů dochází. Toto znovuvyužití odpadů ve sféře jednoho podniku není vždy ekonomicky ani technicky realizovatelné z důvodu izolace zdrojů z okolního prostředí, která neumožňuje vyšší produkci výroby. Odpady, které vzniknou na jednom místě se recyklují a použijí se na místě jiném, kde se použijí k výrobě jiného výrobku. Ročně se na zemi recykluje 350 mil. tun kovového odpadu, který je využíván k další výrobě. Při výrobě nového papíru je až 45 % vyrobeno z recyklovaného papíru. Nejvíce recyklováno je sklo, to dosahuje až 80% recyklace. Velký problém jsou v dnešní době plasty, které jsou recyklované pouze z 22 %. (Kuraš, 2008)

4.4.4 Spalování

Spalování komunálního odpadu, patří mezi energetické využití odpadů. Spalování nazýváme také jako termické zpracování. Při spalování dochází k chemickému rozložení odpadů za působení vysoké teploty a kyslíku. Spalováním jsou škodliviny obsažené v odpadech zničeny a spáleny na téměř neškodné látky. Odpad ze spalování tvoří spaliny, ve kterých se nachází škodlivé částice plynného i pevného skupenství. Tyto spaliny jsou složeny z dusíku, oxidu uhličitého, vodní páry, které nepatří mezi škodlivé látky, ale také z oxidů dusíku NO_x , oxidu uhelnatého CO , oxidů síry SO_x , chlorovodíku HCl , fluorovodíku HF , těžkých kovů a prachu. Spalování odpadů je možné provádět několika metodami za působení vysokých teplot od 300 °C až do 1500 °C, ojediněle je možné použít i teploty vyšší. Spalování odpadů rozdělujeme na procesy oxidační a procesy redukční. Oxidační procesy můžeme

označit jako procesy spalovací, při kterých dochází k termickému odstranění odpadu. Jedná se o řízenou exotermickou syntézu hořlavých látek odpadů s kyslíkem. Tyto oxidační procesy můžeme ještě dále rozdělit na procesy nízkoteplotní, které probíhají za teplot do 1000 °C, na procesy vysokoteplotní, při kterých má reakční prostor teplotu nad 1000 °C a procesy redukční, které nazýváme jako procesy termického zpracování odpadu. Jedná se o zplyňování a pyrolýzu. Zplyňování odpadu je tepelné rozložení odpadu za působení vodní páry a teplot nad 800 °C, kdy je v reakčním prostoru podstechiometrický stav kyslíku, dochází k přeměně uhlíkatých surovin na hořlavé plynné látky. Pyrolýza odpadů – jedná se o proces, kdy dochází k rozkladu organické hmoty za nepřístupu aerobních látek při teplotách 500 °C až 1000 °C, kdy se tyto látky rozkládají na koks a jednoduché těkavé látky. (Filip et Oral, 2003) High-end technologie jako jsou pyrolýza a spalování jsou používány hlavně ve vyspělých zemích. Rozvojové země nemají finanční prostředky na moderní technologie, tak jsou odkázány pouze na skládkování odpadů. (Trevor et. al., 2011)

4.4.5 Kompostování

Kompostování je způsob likvidace biologicky rozložitelného odpadu a je jím možné snížit objem odpadu až o polovinu. (Vaughn, 2009) Je jednou z metod likvidace biologického odpadu, tato metoda patří mezi nejméně nákladné a také nejméně náročné metody likvidace. Kompostování je prováděno aerobním způsobem – za přístupu vzduchu. Velkou část komunálního odpadu tvoří právě biologicky rozložitelný odpad. V jedné tuně komunálního odpadu se průměrně nachází 410 kg odpadu biologického. Kompostování také nazýváme jako materiálové využití odpadů. Výhodami tohoto způsobu likvidace jsou: opětovné použití například v zemědělství jako hnojivo, kterým se dodá zpět do půdy humus a organické látky, zvýšení produkce rostlin, zvyšuje živiny, chrání životní prostředí. Proces kompostování spočívá v několika fázích. Důležité je zajistit patřičné podmínky pro vývoj aerobních organismů, které bez přístupu kyslíku nedokážou přežít. Pro tyto mikroorganismy je samozřejmě důležitý i odvod oxidu uhličitého. Mezi další pozitivní faktory ovlivňující kompostování patří kvalitní smíchání materiálu tzv. homogenizace, při které promícháním více látek nestejnorodé směsi dosáhneme vzniku jednotné a stejnorodé směsi. Ukazatelem dobrého kompostování je zvyšující se teplota uvnitř kompostu, která signalizuje příhodné podmínky pro existenci mikroorganismů. Odborná

literatura hovoří o třech fázích kompostování, i když jednotlivé fáze není možné přesně určit. První fáze se nazývá fází rozkladu, která trvá cca 20–60 dní podle použité technologie. V této fázi stoupá teplota a pohybuje se v rozmezí 50–70 °C dle složení kompostovaného materiálu. V této fázi jsou organismy rozkládány lehce rozložitelné látky, jimiž jsou: bílkoviny, škrob a cukr. Druhou fází je tzv. fáze přeměny, která nastává mezi 4. – 10. týdnem. V této fázi klesá teplota na 40 až 45 °C. Dochází ke hnědému zbarvení materiálu, změně struktury a kompost začíná být cítit lesní zeminou. Tento kompost ovšem ještě není možné použít. Třetí a poslední fází je fáze zrání. V této fázi dochází k ochlazení kompostu na teplotu okolního prostředí a pokud je doba zrání dostatečná, má produkovaný kompost zemitější složení, a to má za následek lepší vazbu živin a postupné vyživování okolního prostředí. (Malat'ák et Vaculík, 2008)

Tyto fáze kompostování by se neobešly bez procesů, které nazýváme:

- Tlení
- Fermentace neboli kvašení
- Hnití
- Humifikace

Tlení – proces, ke kterému dochází vlivem aerobních organismů a přístupu vzduchu. Jedná se o oxidační reakci, kdy je tlející hmota vlivem mikroorganismů rozkládána na oxid uhličitý, vodu, minerální látky a další plyny. (Malat'ák et Vaculík, 2008)

Kvašení – je reakce, kde jsou rozkládány bezdusíkaté látky (cukr, celulóza, škrob atd.) bez přístupu vzduchu tzv. anaerobním způsobem na oxid uhličitý a jiné kvasné produkty. (Malat'ák et Vaculík, 2008)

Hnití – jedná se o rozložení dusíkatých přírodních látek, které je uskutečňováno při sníženém přístupu vzduchu vlivem hnilobných bakterií. Tyto bakterie štěpí hmotu na jednoduché látky. Tímto rozkladem vzniká oxid uhličitý – CO₂, sirovodík – H₂S, amoniak NH₃ a vodík – H. (Malat'ák et Vaculík, 2008)

Humifikace – je nejvýznamnější proces rozkladu organické hmoty. Probíhají zde enzymatické a mikrobiální procesy, dochází zde k přeměně organické substance na tmavé látky, které mají koloidní znaky zásadité povahy. Tyto látky nazýváme

humínové kyseliny, ty tvoří podstatnou část humusu. Pro vznik humusu jsou důležité procesy jako: rozklad dusíkatých organických látek, který způsobují bakterie, mikrobi. a plísně a rozklad bezdusíkatých organických látek, který způsobují přítomné mikroorganismy.

Tyto procesy nazýváme:

Amonizace – dochází k uvolňování dusíku formou amoniaku, ten je v půdě využíván rostlinami přímo, nebo potom co dojde k oxidaci na HNO_3 – (kyselina dusičná). (Malat'ák et Vaculík, 2008)

Nitrifikace – jedná se o aerobní reakci, kde dochází k oxidaci čpavkové formy CO_2 na nitrity až nitráty. Nitrifikační bakterie podněcují oxidaci amoniaku na HNO_3 – (kyselinu dusičnou). (Malat'ák et Vaculík, 2008)

Na průběhu kompostování se také podílejí vyšší organismy, jako jsou larvy, žížaly, hmyz žijící v kompostu a měkkýši. Tyto živočichové rozkládají a rozměňují těžce rozložitelné látky ve svém gastrointestinálním traktu a po uhynutí se rozkladem jejich těl zvyšuje humifikovatelný podíl v zemině, také kompost promíchávají a tím ho i provzdušňují. Pro správné kompostování je důležité správné složení odpadů, které je možné spolu promíchávat, tak aby jejím smícháním docházelo ke správné homogenizaci. Pro tento proces je důležitá přítomnost půdních mikroorganismů, které je možné do zakládky přidat formou vyzrálého kompostu. (Malat'ák et Vaculík, 2008)

4.5 Skládování

Ukládání odpadů na skládky patří mezi nejčastější a nejstarší způsob organizovaného nakládání s odpady a jeho původ sahá až do historie. (Eggen, 2010) Jedná se o nejvíce rozšířenou a nejdéle používanou metodu likvidace odpadu. Největším problémem je najít vhodnou lokalitu pro umístění skládky, která by vyhovovala z hlediska životního prostředí, tak i vzdáleností od svozových lokalit. Skládka nesmí být vybudována v místě, kde vedou inženýrské sítě. Je důležité zabezpečit, aby ze skládky nedocházelo k úniku, nebo průsaku látek z odpadu do podzemních vod a okolí. Proto jsou skládky odpadů zabezpečovány tzv. bariérou, jedná se o přírodní nebo umělou překážku, která brání úniku látek z tělesa skládky. Odpad musí být navážen podle plánu, poté se musí odpad rozhrnout a zhutnit po každé půlmetrové vrstvě. Až výška zhutněného odpadu dosáhne hranice 2 metrů, je

třeba tuto vrstvu zasypat vyhovující zeminou o síle 20 cm. Ve výjimečných případech je možno odpad vrstvit až do výšky 10 m. Tato vrstva by však měla být každý den zasypána zeminou. Toto zahrnování zeminou by mělo být prováděno každý den, aby nedocházelo k úniku látek do okolí. Skládka musí být odvodněná drenážemi a odpadní voda ze skládky zachycována a dále likvidována. Na skládce je potřeba vybudovat systém odplynění a zachycování skládkového plynu i po její rekultivaci, protože skládkový plyn je nejvíce produkován 5 až 13 let po tom, co dojde k uzavření skládky a jeho produkce trvá až 30 let. Skládka musí být po uzavření zrehabilitována a sledována ještě 30 let po jejím uzavření. (Altman et Růžička, 1996; Kuraš et kol., 1993)

4.5.1 Technický vývoj skládkování

Během historie se v mnoha zemích světa stalo ukládání odpadů na skládky nejběžnějším způsobem jejich likvidace. Z počátku byl odpad ukládán do otevřených jam bez jakéhokoli technického zabezpečení. Postupem let se z ukládání odpadů stal vysoce technologický řízený proces a dnes jsou moderní skládky vybaveny moderním technickými a technologickými zařízeními. Skládkování je řízeno tak, aby bylo co nejšetrnější k životnímu prostředí bez ohrožení lidského zdraví i zdraví zvířat. Dbá se o ochranu zdrojů povrchových a podzemních vod. Dnešní skládky komunálních odpadů nejsou jen neškodná zařízení na ukládání odpadů. V uloženém odpadu dochází k vyluhování toxických látek, které uložené odpady obsahují, také zde dochází k mnoha chemickým, fyzickým a biologickým procesům, které vedou k degradaci uloženého materiálu, tvorbě výluhu a skládkového plynu. (Kuraš, 2014)

4.6 Skládky

Moderní skládky dosáhly velmi vysokého standardu bezpečnosti. Mají dlouhou životnost a jejich provoz je po celou dobu monitorován. (Cord-Lanwehr, 2002)

Skládky v hierarchii odpadového hospodářství představují poslední oddíl. Jde o stavby, na které jsou při výstavbě kladeny vysoké nároky. Tyto skládky rozdělujeme podle několika kategorií:

- dle určité skupiny skládek

- dle způsobu jakým je odpad ukládán
- dle toho, jaký má skládka tvar
- dle druhu odpadu, který je na skládku ukládán (Libra et Řezníček, 2006)

4.6.1 Dělení skládek dle skupin

Skládky jsou dle vyhlášky MŽP 294/2005 rozděleny následovně:

Skupina S – inertní odpad – Na tento typ skládky smí být ukládán odpad bez nebezpečných vlastností, který nemá při běžných klimatických podmínkách sklony k významné chemické, fyzikální a biologické přeměně. Tento odpad musí být nehořlavý, nerozpustný ve vodě, nesmí reagovat fyzikálně ani chemicky, nesmí být chemicky ani biologicky rozložitelný, nesmí způsobovat rozklad ostatních látek. Tato skupina se označuje značkou: S-IO. (Libra et Řezníček, 2006)

Skupina S – ostatní odpad – Na tento typ skládky smí být ukládán odpad, který patří do kategorie ostatní odpad. Tato skupina se označuje značkou: S-OO a dále je dělena na další tři podskupiny:

S-OO1 – skládky, nebo jejich sektory, které jsou určeny pro uložení odpadů skupiny ostatní odpad, které mají nízký obsah organických biologicky rozložitelných látek a odpad obsahující azbest. (Libra et Řezníček, 2006)

S-OO2 – skládky, nebo jejich sektory, které jsou určeny pro uložení odpadů skupiny ostatní odpad, které mají nízký obsah organických biologicky rozložitelných látek, nebo obsahují nereaktivní nebezpečný odpad, nebo odpad, který obsahuje azbest. (Libra et Řezníček, 2006)

S-OO3 – skládky, nebo jejich sektory, které jsou určeny pro uložení odpadů skupiny ostatní odpad, které mají podstatný podíl organických biologicky rozložitelných látek a odpady, které není možné klasifikovat podle jejich vodného výluhu, nebo odpad s obsahem azbestu. Na tento typ skládky je zakázáno ukládat odpady na bázi hemihydrátu síranu vápenatého (sádra). (Libra et Řezníček, 2006)

Skupina S – nebezpečný odpad – Tuto skupinu označujeme značkou S-NO, a je určená pro uložení odpadu kategorie nebezpečný odpad. (Libra et Řezníček, 2006)

4.6.2 Dělení skládek dle způsobu ukládání odpadu

Divoké skládky – jedná se o místa, kam jsou odpady ukládány bez povolení, náhodným způsobem, nejsou zde respektovány zásady ochrany životního prostředí, většinou se jedná o neošetřený odpad různého nebezpečného složení, dochází zde k tvorbě výluhu a následné kontaminaci okolního prostředí a podzemních vod, jsou hrozbou přírody a životního prostředí, svým vzhledem a zápachem narušují ekosystém krajiny, jsou zdrojem tvorby skládkového plynu, který není nijak zachycován, takové místo bývá hojně obýváno hlodavci, hmyzem a ptáky, kdy v případě uložení nakažlivého materiálu, mohou být tyto živočichové přenašeči chorob na další živočichy. Jsou také hrozbou pro malé děti, které se zde mohou poranit. (Altman et Růžička, 1996)

Řízené skládky – jsou skládky, které jsou vybudovány podle projektové dokumentace, podle platné legislativy a za současné ochrany životního prostředí. Odpad je zde ukládán dle technologického postupu řízeného skládkování. Je zde dodržován provozní řád skládky. Tyto skládky jsou vybaveny těsnícím systémem – tzv. bariérou, mají drenážní systém, odvodnění srážkových a průsakových vod, jsou vybaveny plynovým systémem, který má za úkol odplynění skládky a zachycení skládkového plynu a jeho další využití. Tyto skládky musí být po uzavření rekultivovány a monitorovány ještě 30 let po jejím uzavření. Řízené skládky musí mít i technické zabezpečení (oplocení) proti vniku nepovolaných osob a zvířet. (Altman et Růžička, 1996)

4.6.3 Dělení skládek dle tvaru

Svahové skládky – bývá zde využíváno přírodního úbočí svahu, kdy je těsnění z minerálního materiálu nebo fólie, položeno na svahu i na dně skládky. (Jurnik, 1994)

Podúrovňové skládky – jsou umístěné většinou v místech starých lomů, kde je odpad umístěn za dostatečného převýšení, dochází zde k postupnému sedání tělesa skládky. (Jurnik, 1994)

Nadúrovňové skládky – bývají umístěné na devastovaných plochách, nebo rekultivovaných oblastech poničených těžbou hnědého uhlí. (Jurnik, 1994)

Násypkové sklárky – sklárky jsou dokola obklopené umělou, nebo přírodní hrází, kde šíře koruny musí dosahovat minimálně 2 m. Hráz musí být vytvořena z pevného materiálu a podkladové těsnění musí být umístěno na vnitřní straně až po hranu hráze. (Jurnik, 1994)

4.6.4 Umístění sklárky

Pro umístění sklárky je důležité najít vhodnou lokalitu. Podle typu lokality se určí způsobilost stanoviště pro danou třídu sklárky, k tomu je potřeba prozkoumat podloží, složení podzemní půdy a odvodnění, vliv prachu, zápachu a hluku na okolní pozemky. Ke všem těmto okolnostem je potřeba mít zhotovené náležité doklady. Každé staveniště sklárky je složeno z vlastní sklárky, dále z kontrolovaného a bezpečnostního pásma. Nejdůležitějším kritériem hodnocení lokality pro umístění sklárky je míra propustnosti podkladu v místě úložiště. Tuto propustnost udává tzv. k-hodnota, která je součinitelem úměrnosti ($m \cdot s^{-1}$) kterou se vypočítá rychlost proudění vody v prostředí. Zvolená lokalita musí být posouzena podle hydrogeologických, geomechanických a geologických kritérií, a to ve všech případech kladným způsobem. Důležitou roli zde hraje způsobilost místa pro možnost založení sklárky jako jsou oblasti, ve kterých se nenachází léčivé prameny, ochranné vody, území přírodních parků a rezervací, ochranná pásma letišť, inženýrské sítě, které by vedly pod tělesem sklárky, ale také nesmí být umístěny v záplavových oblastech a v oblastech, kde hrozí nebezpečí lavin a sesuv půdy. (Jurnik, 1994)

Pro umístění sklárky se vybírají pozemky, které jsou zničené, neúrodné, nevhodné pro krajinnou úpravu, hospodářsky nevyužitelné, zdevastované povrchovou těžbou nerostných surovin. Hodnotí se hospodárnost, realizovatelnost a také veřejné mínění okolo žijících obyvatel. Sklárka by měla být umístěna mimo hustě obydlená území, a to i za cenu vyšších investičních a provozních nákladů. Hlavními podklady pro výstavbu jsou:

- inženýrsko-geologický průzkum, ve kterém je uveden návrh monitorovacího systému sklárky a posouzení stability podloží a území, prognóza následků v případě havárie a hydrogeologický průzkum
- hydrogeologický průzkum
- geodetický průzkum

- mapové podklady
- hydrologické a klimatické údaje, s hodnocením přívalových dešťů a srážkových úhrnů
- data o existenci inženýrských sítí a ochranných pásem okolo nich
- údaje o množství a druhu odpadu, který zde bude ukládán (Filip et kol., 2003)

4.6.5 Výstavba skládky

Stavba skládky začíná úpravou terénu tzv. zemní prací, při které se odstraní zbytek vegetace a kořeny, poté se provede skrývka ornice a po sejmutí ornice následuje skrývka podorniční zeminy. Ornice bývá uchována k pozdějšímu využití např. k rekultivaci skládky. Pokud je to nutné, je dalším pracovním krokem zdokonalení fyzikálních a mechanických vlastností podloží tělesa skládky. Pevné podloží je základem celé stavby. Je důležité, aby podloží sedalo stejnou mírou, proto je potřeba ho zatěžovat stejnoměrně a tímto způsobem provádět i návoz odpadů. Při úpravě podloží se odstraní málo únosná zemina a provede se úprava podloží ve střechovitém tvaru základové spáry, kterou může odtékat srážková voda z jednotlivých úseků. Základová spára musí být vybudována nejméně 1 m nad hladinou podzemních vod. Pokud je podloží tvořeno ze skalních hornin, provádí se závoz zeminou o tloušťce 0,5 m a vzniká tak vyrovnávací vrstva, která má zároveň ochrannou funkci. Na tuto vrstvu je položena ochranná geotextilie. Pokud je v místě skládky strmý svah, vytváří se základová spára postupně dle zaplnění skládky. (Filip et kol., 2003)

4.7 Technické vybavení skládek

4.7.1 Těsnicí systém skládky

Při budování těsnicího systému skládek se dodržují postupy dané normou ČSN 83 8032 Skládování odpadů – Těsnění skládek. Z důvodu zamezení prosakování toxických odpadů do okolí a do podzemních vod se umísťuje skládka na vhodné území, kde má kladný výsledek geologický a hydrogeologický průzkum. Dále je zde vytvořen obkladový těsnicí systém a systém drenáží pro odvod skládkové vody z tělesa. (Allen, 2000) Těsnicím systémem může být minerální těsnění, které je tvořeno z jílovitého materiálu, který jako jediná zemina má schopnost nepropouštět

vodu. Toto těsnění je budováno v několika vrstvách, kdy každá vrstva o tloušťce nejvíce 20 cm. Důležité je, aby nejvyšší vrstva neobsahovala žádné ostré částice a velikost zrn v průměru nesmí překročit 20 mm. Za deště musí být výstavba minerálního těsnění přerušena a po dešti je třeba opravit trhliny poslední vrstvy způsobené deštěm. Pokud není hned po vytvoření minerálního těsnění toto těsnění překryto těsníci pásy z polyetylenu, hrozí nebezpečí poničení minerálního těsnění trhlínami, proto je potřeba minerální vrstvu neustále vlhčit, nebo ji překrýt slabou folií. Zemina pro minerální těsnění musí mít předepsaný součinitel filtrace, zkouška je prováděna v laboratoři. Hodnota propustnosti použitých jílu je dána koeficientem 10^{-9} m.s⁻¹. Přes minerální těsnění je pokládáno fóliové těsnění z plastické hmoty většinou polyetylenu vysoké hustoty, který musí mít tloušťku minimálně 2,5 mm kvůli vyšší životnosti, než má samotná skládka. Tyto fólie z polyetylenu, se kladou celou plochou na vlhké minerální těsnění, které nesmí být popraskané. Na takové těsnění musí být nejdříve vypracován plán pokládky s očíslováním jednotlivých svarů a schválen kontrolním orgánem. Je důležité dodržet, aby celková délka nutných svarů byla co nejmenší. Přesah položených pásů je tvořen rovnoměrně a délka přesahu se volí podle typu svaru, kterým bude spoj proveden. Při dvojitém svaru, který je proveden horkým klínem činí přesah těsnících pásů 80 mm. Při dvojitém svaru, který je prováděn horkým plynem, musí být přesah pásů 105 mm. Za použití jednoduchého extruzního svaru je dán přesah pásů 55 mm. Svařování pásů horkým klínem se provádí svařovacím automatem, který provádí dva sváry, mezi kterými vzniká tzv. kontrolní kanálek. Je důležité, aby svařovaná místa měla stejnou tloušťku a svařovaná plocha byla čistá a suchá. Při svařování pomocí jednoduchého extruzního svaru je vytvářen svar pomocí svářečky se svářecí botou širokou 40 mm a touto svářečkou je vytlačován kanálkem horký materiál stejného složení. Šířka extruzního svaru musí být minimálně 4 cm a v místě svaru musí být tloušťka větší než tloušťka použité fólie. Svařování za použití horkého plynu je prováděno pouze výjimečně. Kvalita takového svaru závisí na zkušenostech svářeče. Při tomto druhu svařování se pomocí horkého plynu nahřejí obě části svařovaného materiálu a připojí k sobě. Provádět svařování těsnících pásů je možné od teplot + 5° C. Pokud je nutné provádět svařování za nižších teplot, je potřeba v místě svaru postavit stan, který bude vytápěn na potřebnou teplotu. Lepit pásy pomocí lepidel je zakázáno. (Jurnik, 1994)

4.7.2 Drenážní systém skládky

Stavba drenážního systému skládky se řídí normou ČSN 83 8033 Skládkování odpadů – Nakládání s průsakovými vodami ze skládek.

Na každé těleso skládky působí dešťové a sněhové srážky, které skrze uložený odpad prosakují až na samotné těsnění skládky. Důležité je tuto vodu co nejrychleji odvést a omezit tak jejímu působení na těsnění. Dno skládky je vytvarováno tak, aby z něj voda odtékala do drenážního potrubí. Pro vybudování drenážního systému se používá potrubí z PEHD, u kterého je doporučena světlost DN 225/20,5. Potrubí je na jedné straně svedeno do sběrné šachty, kde se dělí voda na skládkovou a dešťovou, tato šachta je vyložena také těsněním z PEHD. Druhá strana potrubí je svedena mimo oblast tělesa skládky a je jím prováděno čištění sedimentů. Po celém dně je rozložen drenážní štěrk, který má zrnitost 32/16, možno použít i 16/8 o tloušťce 30-50 cm. V případě, že je použito drcené kamenivo, musí být sběrný drén obsypán pískem ze všech stran minimálně 10 cm vrstvou. Nad sběrným drénem je nutné vytvořit drenážní vrstvu kameniva o minimální tloušťce 30 cm. (Altman, 1996)

Skládka a její drenážní systém musí být vybudovány tak, aby do skládky nepřitékala povrchová voda z okolí skládky. Okolo skládky musí být vybudován příkop, který musí být zhotovený v takové velikosti, aby byl schopen pojmout 100letý průtok povodí, do kterého skládka spadá. Drenážní systém je rozdělen na dva okruhy. Drenážní systém je budován uvnitř tělesa skládky a je umístěn nad těsněním tělesa tzv. vnitřní drenážní systém, který slouží k odvádění vody zevnitř tělesa skládky do jímací nádrže pro výluhy ze skládky. Vnější drenážní systém, je budován pod těsněním tělesa a je určen k udržení hladiny podzemní vody. (Kreníková, 1999)

4.7.3 Technické zařízení skládky

Skládka komunálních odpadů musí být zabezpečena proti vstupu neoprávněných osob a zvířat oplocením o výšce min. 3 m a na návětrné straně se instalují sítě pro zachycení lehkého, polétavého odpadu, aby nedocházelo ke znečištění okolí. Skládka by měla mít co nejméně přístupových cest a vjezd na skládku musí být opatřen uzamykatelnou bránou, která by měla mít stejnou výšku jako okolní oplocení. Vjezd by měl být vybudován tak, aby na něj byla dobrá viditelnost z provozní budovy nebo vrátnice. Na skládce musí být zařízení pro vážení odpadu, váha mostová nebo

silniční, provozní budova vybavená sociálním zařízením, komunikace pro pohyb vozidel, zpevněné plochy, prostor pro mytí techniky, jímky průsakových odpadních vod. Skládka může být vybavena i vlastní čističkou odpadních vod. Důležité je zmínit i zařízení pro využití bioplynu (bioplynová stanice), kompostárnu, skladovací prostory, garáže a inženýrské sítě s připojením k veřejným sítím. (Junga, 2015)

4.7.4 Odplynění skládky

Dle ČSN 83 8035 musí být zařízení pro odplynění skládky udržováno v provozu i po ukončení skládkování, a to po celou dobu tvorby skládkového plynu. Délka provozu toho zařízení se posuzuje podle množství produkovaného plynu a jeho nebezpečnosti.

4.7.5 Monitorovací systém skládky

Monitorování skládek je prováděno podle normy ČSN 83 8036 Skládkování odpadů – Monitorování skládek. Monitorovací systém je soustava měřících zařízení, drenážních potrubí a podzemních vrtů. Tento systém má za úkol monitorovat vliv skládky na okolní prostředí a odhalit případnou kontaminaci nebo hrozbu pro okolí. Provádí se kontrola ovzduší, a to kontrolou prašnosti, měřením složení skládkového plynu, měřením povrchové migrace methanu a únik methanu do okolí. Kontrola podzemních vod probíhá pomocí vrtů, které jsou vybudovány v okolí skládky. Kontrola povrchových a podzemních vod se provádí i po uzavření skládky. Doba, po kterou je tyto hodnoty nutné kontrolovat, se určí ve vodohospodářském rozhodnutí. Provádí se také kontrola pomocí drenážních systémů pod tělesem skládky. Monitorovací systém je nutné vybudovat ještě před započítím provozu skládky, aby bylo možné přesně určit, jestli má skládka při provozu, nebo jejím uzavření negativní dopad na okolní prostředí. (Libra, 2005; Altman et Růžička, 1996)

4.8 Provoz skládky

Provoz skládky je stanoven provozním řádem skládky. Údaje, které musí být uvedeny v provozním řádu definuje norma TNO 83 8039 – Skládkování odpadů – Provozní řád. Provozním řádem dané skládky je stanoveno, jaký druh odpadu je

povoleno na tuto skládku uložit. Pokud nějaký druh odpadu není v provozním řádu uveden, nesmí být tento odpad na skládku přijat, protože skládka není technologicky vybavená na uložení takového odpadu. Na skládce musí být vyhraněn prostor pro fyzické převzetí odpadu, váhou na vážení odpadu a skládka musí mít možnost provedení kontrolního rozboru ukládaného odpadu. Provoz musí být zabezpečen tak, aby nedocházelo ke škodám na životním prostředí a neoprávněnému ukládání odpadů cizími osobami. (Beneš, 1999)

Dle Kotovicové (2014) je provoz skládky rozdělen na 3 fáze, kdy je v první fázi ukládán odpad na povrch nebo pod úroveň okolního terénu. Ve druhé fázi je skládka uzavírána a rekultivována a je možné ještě případně odpad využít. Třetí fáze je provozování a následná péče po uzavření skládky a její rekultivaci.

4.8.1 Provozní dokumentace skládky

Provozní dokumentace skládky se skládá z provozního řádu skládky, a provozního deníku. Minimální obsah provozního řádu je určen v příloze č. 1 vyhlášky č.383/2001 Sb., ve které jsou uvedené pokyny, předpisy a potřebné technické dokumentace k provozu. Provozní řád je vždy sestaven pro každou skládku zvlášť, není tedy jednotný pro všechny skládky, jsou tak zaručeny podmínky pro hospodárný a bezproblémový provoz každé skládky. Pro denní dokumentování provozu slouží provozní deník, V provozním deníku se uvádí informace o zvláštních událostech a poruchách které poškodily životní prostředí, výsledky monitorování, záznamy o kontrolách, síla větru a množství srážek, záznam o místě uložení odpadu ve skládkovém tělese, jméno obsluhy, záznam o proškolení pracovníků. Náležitosti provozního deníku jsou definovány v normě TNO 83 8039 – Skládkování odpadů – provozní řád skládek. (Filip et kol., 2003)

4.9 Ukládání odpadů na skládky

Ukládání odpadů na skládku se řídí vyhláškou 294/2005 Sb., která určuje, jaký odpad smí být na daný typ skládky ukládán a naopak, který odpad je zakázáno skládkovat. Některé druhy odpadů je možné uložit na skládku jen za splnění určitých podmínek. Zakázáno je skládkovat odpady vznikající z výrobků, které podléhají zpětnému odběru jako jsou např. pneumatiky, ty je možné využít pouze při výstavbě a

uzavírání skládky. Dále je zakázáno skládkovat léčiva, pesticidy, výbušniny, hořlaviny, infekční a oxidující odpady, silně zapáchající odpady, odpady prudce reagující při styku s vodou, kapalné odpady, které sedimentací uvolňují kapalnou fázi, odpady chemické a biologické, které vznikly při výzkumné, vývojové nebo výukové činnosti, nebo jejichž totožnost, účinky na člověka a životní prostředí nebyly zjištěny. (Vyhláška č. 294/2005 Sb.) Nově je ve vyhlášce stanoveno vypracování základního popisu odpadu původci odpadů. Tento popis je předáván s každou dodávkou na skládku. (Sirotková et Kulovaná, 2005)

Při ukládání odpadu na skládku je důležité provádět jeho hutnění, hutnění musí být prováděno po celé ploše, po nepřilíš silných vrstvách. Na menších skládkách odpadů k této činnosti ve většině případů používají buldozer, ten však má malou schopnost odpad ztuhnit, protože vyvíjí na podloží pouze malý měrný tlak. Odpad dobře pruží, a i použití vibračních válců je zcela nevhodné. Nejvhodnějším způsobem hutnění je použití kompaktoru s rozhrnovací radlicí, který dokáže odpad rozdrtit a kvalitně ztuhnit. Hutnění je prováděno z důvodu ekonomického, kdy je ztuhněním možno uložit více odpadu, samozřejmě tento ekonomický důvod má i pozitivní vliv na životní prostředí, protože čím více odpadu se na současné skládce vejde, o to méně bude potřeba budování skládek nových. Dále je třeba zmínit i zvýšení protipožární bezpečnosti a hygieny okolí. Odpad, než je zahrnut krycí vrstvou, po ztuhnění odolává více větru a není roznesen po okolí. Hutněním také dochází k vytěsnění vzduchu a tím k omezení aerobních rozkladů, které jsou příčinou nepříjemného zápachu. Takto ztuhněný materiál je potřeba v určitých vrstvách, vždy max. 2 m, zahrnout např. zeminou, nebo jiným inertním materiálem o síle 15–25 cm. (Juchelková, 2000)

4.10 Procesy probíhající na skládkách komunálních odpadů

V tělese skládky dochází k mnoha chemickým, fyzikálním a biologickým procesům. Tyto procesy jsou důvodem přeměny a rozkladu biodegradovatelného odpadu. (Kuraš, 2014)

Těleso skládky je nekontrolovatelný biochemický reaktor, ve kterém po uložení a ztuhnění odpadu probíhají na sebe navazující fáze biologického rozkladu. Intenzita rozkladu a rychlost jednotlivých procesních fází jsou ovlivněny podílem biologicky rozložitelného odpadu, vlhkostí odpadu a mírou anaerobních podmínek.

Anaerobní podmínky ovlivňuje hlavně hloubka závážky, rychlost jakou je závážka prováděna a síla hutnění. (Straka et Dohányos, 2003)

Aerobní procesy – dochází k nim již při sběru a odvozu odpadů, jejich vlivem dochází jen k rozkladu nejméně stabilních organických složek. Po uložení odpadu na skládku a jeho zhutnění, dojde k omezení přístupu kyslíku, čímž dojde k potlačení aerobních procesů, během několika dnů až týdnů nastává postupný přechod k další fázi. (Kuraš et kol., 2008)

Kyselinotvorné procesy (acidogenní) – nastávají po počáteční rozkladné reakci proteinů, lipidů a sacharidů za působení vody na nízkomolekulární látky, ve kterých dochází k rozvoji acidogenních mikroorganismů. Acidogenní bakterie mají schopnost rozvíjet se i za přístupu kyslíku, proto je nazýváme jako fakultativní anaeroby. Tyto bakterie produkují alifatické kyseliny a oxid uhličitý. Ve fázi kyselinotvorného procesu nedochází ještě k tvorbě methanu, tato kyselinotvorná fáze trvá několik týdnů až měsíců. Pro nadcházející methanogenní fázi je důležité, aby byla skládka dostatečně hluboká a hutněná. Pokud by totiž do odpadu pronikal vzduch, nemusí vůbec k methanogenní fázi nastat. Pokud tedy bude dodržen správný postup ukládání a hutnění odpadu dojde k rozvinu methanogenního procesu přes stabilizační fázi, po které nastává tzv. ustálený stav methanogeneze. (Kuraš et kol., 2008)

Methanogenní procesy – dochází při nich ke zpracování produktů vzniklých při acidogenezi, kdy konečným produktem jsou plyny: oxid uhličitý (CO_2) a methan (CH_4). Když dojde ke stabilizovanému stavu, kdy methanogenní bakterie (striktní anaeroby) jsou rozmnoženy v takovém množství, že stačí konzumovat všechny produkty fakultativních anaerobů, dochází k vzestupu pH do zásadité oblasti nad 7,5. (Kuraš et kol., 2008)

Složení skládkového plynu závisí na obsahu methanogenů a jeho maximální úroveň činí 75 % methanu a 25 % oxidu uhličitého z celkového objemu. Nejčastější poměr methanu ve skládkovém plynu má hodnotu 63-65 % celkového objemu. Využívány jsou však i skládky, kde poměr methanu ve skládkovém plynu činí i méně než 45 %. (Kuraš et kol., 2008)

4.11 Výluhy ze skládek

Skládky minimalizují rizika likvidace odpadu pro veřejné zdraví a bezpečnost. Vytváří však výluhy, které jsou hlavní hrozbou pro podzemní vody. Výluhy jsou výsledkem kapalného odpadu, který je na skládce uložen, a rozkladu tuhého odpadu (podporovaného srážkami a povrchovými odtoky). Nesprávná likvidace neošetřených průmyslových a nebezpečných chemických látek ve skládkách komunálního odpadu proto zvýší přítomnost toxických a nebezpečných chemických látek ve výluzích. (Dellasala et Goldstein, 2018)

Výluhem ze skládky je silně znečištěná odpadní voda, která obsahuje různé typy organických a anorganických látek relativně proměnného složení. Tyto vody představují vysoké riziko pro vodní zdroje. Výluhy vznikají průtokem vody skrze těleso skládky, která v sobě akumuluje degradační látky odpadu. Tato voda pochází z dešťových a sněhových srážek nebo z vlhkosti obsažené v odpadech. Odpady jsou samy o sobě schopné absorbovat vodu, pokud ovšem dojde k jejich přesycení vodou, objeví se výluh ve formě odpadní vody. Moderní skládky se při výstavbě zaměřují na opatření, která omezují vznik výluhů. Jedná se o různá těsnění, které omezují pohyb výluhu. Zatím však není možné určit jejich spolehlivost, protože tyto moderní skládky existují jen 40-45 let. Výluhy nejvíce znečišťují podzemní vody, proto jsou moderní skládky budovány v dostatečné vzdálenosti od zařízení pro čerpání podzemních vod a jejich zdrojů. (Kuraš, 2014)

4.11.1 Složení výluhů

V uloženém odpadu je obsažena celá řada organických, anorganických a cizorodých umělých sloučenin, které ovlivňují složení výluhu a jeho dopad na životní prostředí. Složení výluhu je tedy ovlivněno složením uloženého odpadu a jeho chemickými a fyzickými vlastnostmi, dešťovými srážkami a stářím skládky. Složení výluhů je často rozdílné i u stejné skládky, závisí na době odběru vzorku. V prvotním stádiu jsou ve výluhu nejvíce obsaženy produkty rozložených degradovatelných organických látek, které jsou následkem abiotických a biotických procesů v uloženém odpadu. Perzistentní organické odpadní látky se obvykle objevují v pozdějším stádiu. Tyto látky jsou hodnoceny jako mutagenní, bioakumulativní a je o nich známo, že poškozují systém žláz s vnitřní sekrecí. (Christensen, 2010)

Výluh ze skládky komunálních odpadů je koncentrovanou kapalinou, v počáteční fázi má kyselou reakci, vyšší obsah jedovatých látek a její další vlastností je vysoká hodnota chemické konzumace kyslíku. V průběhu výluhu vody skrze skládkové těleso začínají biologické a chemické přeměny přítomného organického materiálu. To má za následek převod organických a anorganických látek z tělesa skládky do vzniklého výluhu. Tento výluh je nutné ze skládky odvádět a dále zpracovávat. Přítomnost těkavých organických kyselin má za následek kyselou reakci těchto kapalin. Výše pH výluhu má v této fázi hodnotu 6-7. Chemické látky, které výluhy ze skládek obsahují, rozdělujeme do pěti skupin:

dusíkaté látky: amonné ionty NH_4^+ a organický dusík jejichž původ je dán rozkladem bílkovin a částečně detergentů. (Kuraš, 2014)

kompletní organická hmota: její hodnotu udává chemická spotřeba kyslíku (CHSK), obsah celkového organického uhlíku (TOC), biochemická spotřeba kyslíku (BSK), převládajícími látkami jsou zde prchavé alifatické kyseliny a z části humifikované látky. (Kuraš, 2014)

těžké kovy: olovo, měď, kadmium, nikl, zinek, rtuť, arsen, chrom, cín, antimon. (Kuraš, 2014)

anorganické makrosubstance: hořčík, vápník, sodík, draslík, kation železnatý, kation manganatý, anion síranový. (Kuraš, 2014)

organické stopové látky: jejich původem jsou nebezpečné složky komunálního a průmyslového odpadu: fenoly, aromatické uhlovodíky, chlorované látky a pesticidy. (Kuraš, 2014)

4.11.2 Nakládání s výluhy ze skládky komunálního odpadu

Zachycené výluhy, tedy skládková voda, která se uvolnila z uloženého odpadu chemickými pochody a srážková voda, která se průsakem odpadní hmotou znečistila, je svedena drenážemi do jímky pro průsakové vody. V první fázi provozu skládky se zachycené výluhy používají k urychlení rozkladných procesů, kdy se voda z jímky čerpá a přepouští na povrch uloženého odpadu, kde se část vody odpaří a zbytek vody svým opětovným průchodem uloženým odpadem, podpoří tvorbu bioplynu a sedimentaci odpadu. Velikost jímky potřebnou pro ukládání výluhů není jednoduché stanovit,

v začáteční fázi neprodukuje skládka tolik výluhů, jako po jejím rozšíření, nebo úplném zaplnění. V dalších fázích skládky je tedy potřeba zvolit mezi vybudováním vlastní čistírny odpadních vod, nebo zda bude ekonomičtější jímku odčerpávat a skládkovou vodu odvážet k likvidaci. (Altman, 1996)

4.12 Uzavírání skládky

Když dojde k zaplnění skládky a ukončení ukládání odpadů, provádí se úprava tvaru, uzavření skládky a následují rekultivační technologické a technické postupy. Provozní zařízení skládky (monitorovací vrty, čerpací a kontrolní jímky, čistící zařízení průsakových vod, systém odplynění a odvětrání skládky atd.) zůstávají v provozu i po uzavření skládky. V jímání a úpravě průsakových vod se pokračuje až do doby, kdy je prokázáno, že skládkové vody nemohou svým složením poškodit okolní prostředí a spodní vody. Uzavírání skládek se řídí normou ČSN 83 8035 „Skládkování odpadů – Uzavírání a rekultivace skládek. Jedná se o soubor činností, které jsou postupně prováděny na tělese skládky po ukončení ukládání odpadu a má za úkol zamezit působení negativních vlivů skládky na životní prostředí, zabránit poškození životního prostředí, začlenit skládku do okolní krajiny a postupně tento prostor využít ať už zemědělsky, lesnicky nebo vytvořením sportovní plochy. Těleso skládky se po ukončení skládkování zabezpečí překrytím nepropustným těsněním a potrubím pro odvod skládkového plynu. Při konečném návrhu tvaru skládky je zásadou respektování časového průběhu sedání povrchu skládky, které je závislé na druhu uloženého odpadu, jeho výšce a intenzitě hutnění. (Malý et Šálek, 2002; Beneš 1999)

4.12.1 Technická rekultivace skládky

Jedná se o technická opatření a technologický postup, který má za úkol zajistit vhodné podmínky pro další typy rekultivace. Do technické rekultivace řadíme činnosti jako: svahování drenáže, převrstvení ornici, urovnání povrchu. (Řešátková, 1987)

4.12.2 Biologická rekultivace skládky

Biologickou rekultivací skládky rozumíme technologické postupy, kterými se provádí biologická a agrotechnická opatření, která směřují k vytvoření svrchní vrstvy půdy, tak aby bylo možné ji využít k lesnické nebo zemědělské činnosti. Nejvhodnější je použití travnatých porostů. V případě zemědělského využití je třeba aby byla skládka zakryta větší vrstvou ornice (1 m). Vhodnou plodinou pro první období jsou okopaniny vzhledem k možnosti intenzivního provzdušňování zeminy. Lesnické využití je možné provádět až po delší době na nadúrovňových skládkách, kdy je už vývin skládkového plynu omezen. Pro lesnické využití je důležitá tloušťka kvalitní krycí zeminy. K použité zemině je důležité zvolit vhodný druh dřeviny, je třeba si uvědomit, že pro náročnější dřeviny je nutné vytvořit větší vrstvu zeminy, která má příznivé fyzikální a chemické vlastnosti. Jako vhodné dřeviny pro rekultivaci můžeme použít tyto dřeviny: hloh, šípek, trnka, akát, bříza, černý bez, vrba, javor a další. Někdy jsou emise skládkového plynu tak silné, že zcela znemožňují využití skládkového prostoru k lesnickému využití. Ze zahraničních zkušeností vyplývá, že nejvhodnějším typem rekultivace je tzv. účelová rekultivace. Po takovém typu rekultivace je oblast skládky přebudována na rekreační nebo sportovní plochu. Jako příklad můžeme uvést např. golfová hřiště, parky atd. (Kuraš, 1994)

4.13 Skládka po uzavření

Uzavřením skládky provoz skládky nekončí, po uzavření a rekultivaci nastává třicetileté období, kdy se musí skládka monitorovat. Doba, po kterou je dle legislativy EU nutné skládku monitorovat je třicet let. Hlavními parametry kontroly jsou:

Sedání tělesa skládky, tvorba skládkového plynu – postupem času dochází ke zmenšování objemu uloženého odpadu a jeho sedání, může tak docházet k deformaci tělesa skládky, proto se mimo těleso skládky umisťují tzv. stabilizované body, podle kterých se sledují výškové a polohové změny tělesa. (Vondráková, 2017)

Tvorba skládkového plynu – tento plyn představuje největší problém pro ozónovou vrstvu země, jeho působením dochází k tvorbě tzv. skleníkového efektu, kdy energie ze slunce je zachycována v atmosféře. Tento plyn se zachycuje pomocí plynného systému skládky a je likvidován pomocí biofiltru, nebo polního hořáku, který

bývá používán většinou jako nouzové řešení, protože při spalování bioplynu se tvoří emise NO_x. (Vondráková, 2017)

Tvorba výluhu z tělesa – výluh je tvořen vlhkostí z uloženého odpadu a průsakové vody, která se do tělesa dostane srážkami. Provádí se rozbor těchto vod, dále jsou kontrolovány i podzemní vody v okolí skládky pomocí vrtů, ze kterých jsou odebírány vzorky. (Vondráková, 2017)

5 PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE

Praktická část je věnována skládce odpadů Tisová u Sokolova, která byla vybudována na těžbou poničeném území v oblasti sokolovské hnědouhelné pánve, v západní části dolu Silvestr. (Obr. 1) Tato oblast je tvořena především jíly, hlínou a nekvalitním mourovitým uhlím.



Obr. 1: Letecký snímek skládky tisová (Google maps, 2020)

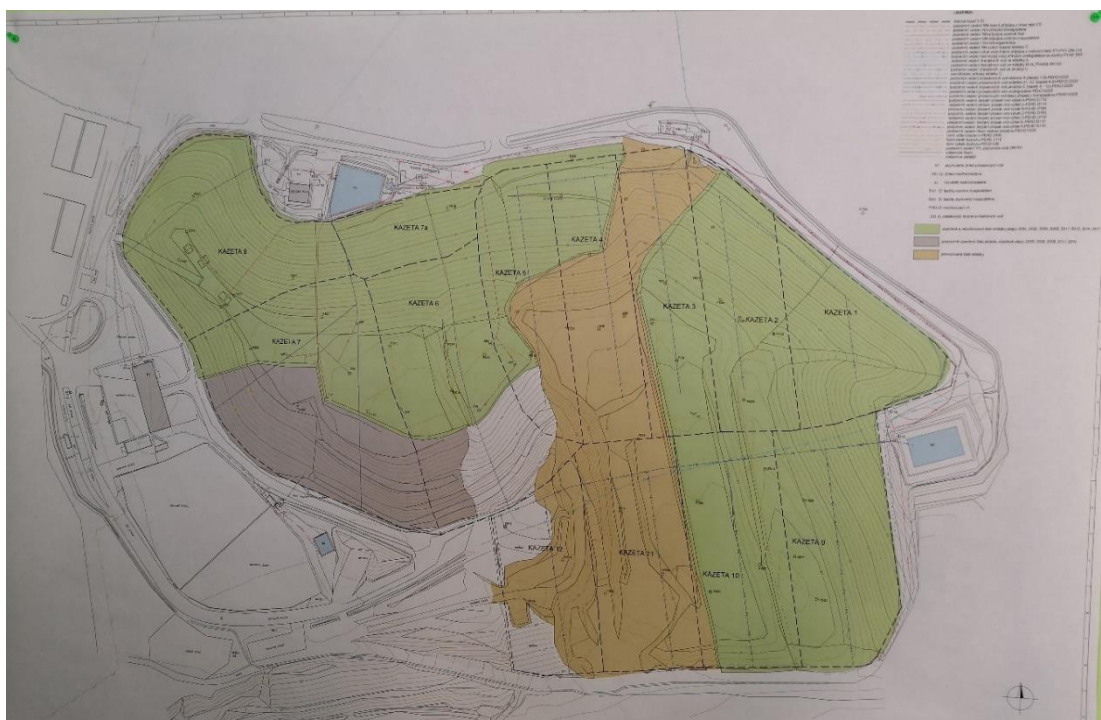
5.1 Skládka Tisová

Skládka byla uvedena do provozu v roce 1996 a postupně rozšiřována až do současného stavu. Zdejší skládka je provozována jako skládka ostatních odpadů s oddělenými sektory S-OO1 a S-OO3. Skládka se skládá z několika částí tzv. kazet, které byly postupně zaplňovány a rekultivovány. Jedná se o velice moderní skládku, která klade důraz na ochranu životního prostředí, je zde funkční odplynovací systém, který pomocí potrubí svádí skládkový plyn do kogenerační jednotky, která vyrábí elektrickou energii a tato energie je prodávána do elektrické sítě. S výluhy ze skládky je zde nakládáno opravdu moderním způsobem, protože vše, co ze skládky vyteče do sběrných nádob (studní) je čerpáno zpět na těleso skládky a likvidováno vsakem zpět do skládkového tělesa. Zajímavé je, že s tímto způsobem jsem nikde v předchozí použité literatuře nesetkal. V minulosti zde byla vybudována i čistička odpadních vod, kde mělo docházet k čištění výluhových vod a tato vyčištěná voda měla být odváděna do řeky Ohře, která protéká cca 500 m od zdejší skládky, bohužel provoz této čističky nebyl úřady schválen i přes to, že z čističky prý vytékala opravdu čistá voda a zaměstnanec firmy, která čističku stavěla dokonce tuto vyčištěnou vodu pil. Ještě bych rád zmínil, že vedoucí skládky je vybaven termokamerou a pravidelně sleduje teploty v tělese a používá termokameru i v případě požáru, kdy její pomocí zjišťuje, ve kterém

místě je ještě potřeba odpad zalít vodou, k hašení je používána právě zadržaná voda ze skládky, kterou při požáru čerpají nad těleso skládky a pomocí hadic s ní požár hasí, v případě že jde o menší hoření většinou zvládnou oheň uhasit sami vlastními silami, ještě před příjezdem HZS. Skládku provozuje firma FCC Environment, která patří mezi nejvýznamnější evropské společnosti, které se zabývají nakládáním s odpady a poskytováním komunálních služeb. Firma zde také zajišťuje svoz komunálního odpadu z některých okolních obcí vlastními prostředky, jedná se o obce Březová, Loket a Hazlov. Odpad je na skládku přivážen také jinými společnostmi ze širokého okolí, jako příklad mohu uvést město Aš, Tachov, Mariánské Lázně, Sokolov.

5.1.1 Provozní objekty a vybavení

Na obrázku č. 2 je zobrazen plán skládky Tisová, skládka je vybavena jednopodlažní provozní budovou, ze které je vidět na hlavní bránu a příjezdovou komunikaci. Budova je tvořena ocelovou halou s přístavbou šesti mobilních buněk UNIMO, ve kterých byly vytvořeny kanceláře, denní místnost, sociální zařízení, šatny, sklady a technická místnost. Po příjezdu je u hlavní brány cca 30 m umístěna mostní váha s obslužnou buňkou, jedná se o typ Schenck DFT-E2 o ploše 3 x 10 m s nosností 33 tun. Z mechanizačních strojů je třeba zmínit kolový traktorbagr, skládkový kompaktor, kolový nakladač a traktor.



Obr. 2: Plán skládky Tisová (fotoarchiv autora, 2019)

5.1.2 Pozemní komunikace

Příjezdovou cestu na skládku zabezpečuje účelová komunikace, která má časové omezení přístupu dle provozní doby skládky, je vytvořena z asfaltového povrchu a její podklad tvoří betonové panely. Tato účelová komunikace navazuje na silnici 3. třídy č. 2124, která vede ze Sokolova směr Tisová a pokračuje směrem na Kynšperk nad Ohří.

5.1.3 Ochrana skládky před vnikem povrchových vod z okolí

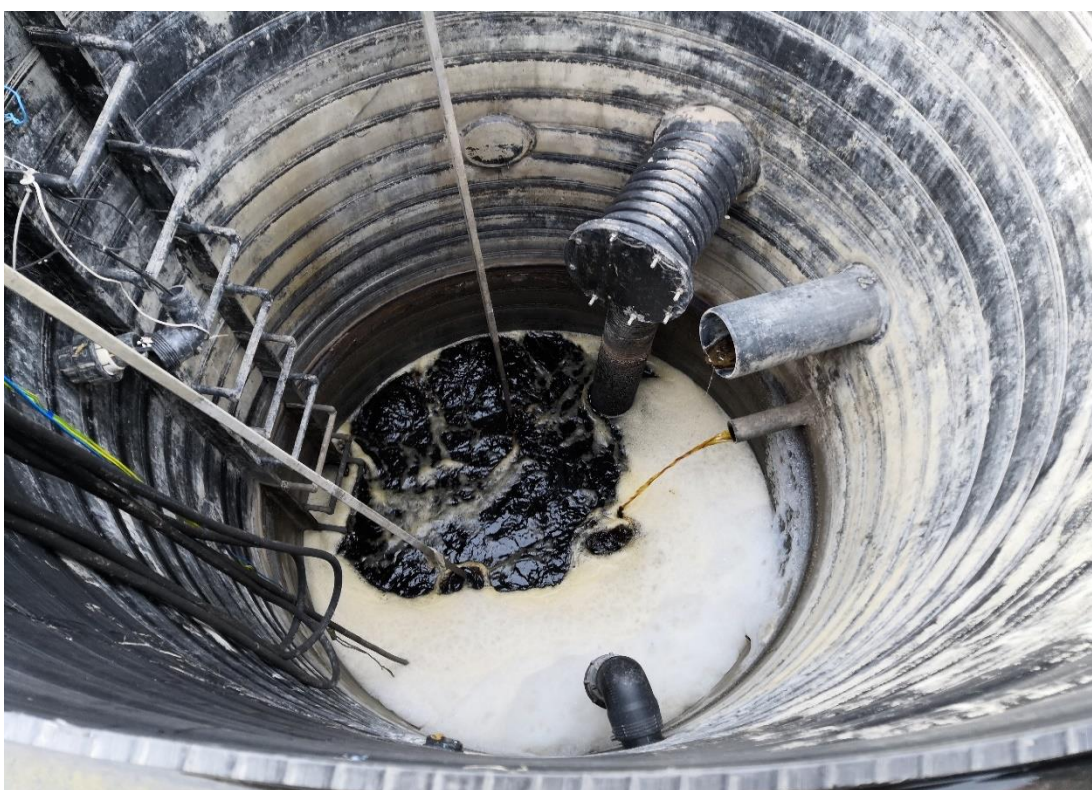
Těleso skládky je zde ovlivňováno hlavně povrchovými vodami z jižního svahu, který se nachází nad prostorem skládky. Vody ovlivňující kazety 6 a 7 jsou zachycovány hlavním příkopem, který vede souběžně s panelovou komunikací a jeho ústí je svedeno do bývalého Tisovského potoka. Vody dílčího povodí kazety 9 a 10 jsou zadržovány příkopy ZP 1 a ZP 2, kde příkop ZP 1 chrání skládku a jímku N7 na jihovýchodním okraji a povrchové vody odvádí do hlavního příkopu. Příkop ZP 2 má za úkol chránit tyto kazety před povrchovými vodami z jižního okraje. Západní a severozápadní strana je chráněna příkopem ZP 4, který ústí do vtokového objektu Š 111, kterým voda teče betonovým potrubím DN 400 pod kazetou 1 toto potrubí ústí do odkaliště bývalého dolu Silvestr na severovýchodní straně skládky.

5.1.4 Těsnicí systém a drenážní potrubí

Těsnicí systém je zde vytvořen z jílovitého podloží a použití PEHD folie, která je proti poškození chráněna netkanou geotextilií. V kazetách 7–10 je v konstrukci skládky instalován elektromagnetický monitorovací systém, který má za úkol sledovat celistvost fóliového těsnění. Tento způsob ochrany patří mezi moderní trendy monitorování, a ne všechny skládky jsou jím vybaveny. Podzemní vody pod částí A1 a A2 jsou zachycovány sběrnými drény, které ústí do obvodových drénů, ta dále ústí do vtokového objektu Š 111, ze kterého voda odtéká do odkaliště Silvestr. Sektor B je vybaven obvodovým a svodovým drénem, který ústí v místě pod skládkou B do šachty 101. Z této šachty teče voda potrubím DN 150 do odkaliště Silvestr. Prostor pod skládkou C je odvodněn drenážním potrubím DN 160 a sveden do hlavního příkopu.

5.1.5 Řešení tvorby průsakových vod

Zdejší systém nakládání s výluhy je vyřešen opravdu zajímavým a spolehlivým způsobem. Výluhy jsou pomocí sběračů typu PEHD D225-315 svedené svodnými drény do akumulčních jímek průsakových vod (Obr. 3) a z jímek přečerpávacím potrubím, recirkulační šachtou do zasakovacích studní, kterými jsou průsakové vody rozlévány zpět do koruny skládkového tělesa. Tímto způsobem doplňují úbytek vody spojený s vypařováním. Na místě, kde ještě nedošlo k uzavření tělesa je skládková voda rozlévána na povrch koruny skládky. O dopravu průsakové vody na korunu skládky se starají čerpadla o výkonu 420 l/min. Bylo mi sděleno, že tuto vodu používají i v případě požáru k uhašení ohně a zabránění jeho šíření.



Obr. 3: Jímka průsakových vod skládky Tisová (fotoarchiv autora, 2019)

5.1.6 Nakládání s podzemními vodami

Firma FCC Environment jako provozovatel skládky Tisová vlastní povolení k nakládání s podzemními vodami ze studny o hloubce 12 m za účelem použití pro technické účely, jako jsou skrápění skládky, mytí vozidel a komunikací. Je však podmínkou, že odběrem nesmí být narušeny okolní zdroje podzemní vody a nesmí dojít ke znečištění a ohrožení její jakosti.

5.1.7 Oddělení sektorů S-001 a S-003

Jedná se o mechanické oddělení odpadů ukládaných do sektoru S-001 od odpadů ukládaných do sektoru S-003. Oddělení je tvořeno dělicí hrázkou z vhodného materiálu jako je výkopový materiál, nebo málo propustná zemina bez příměsí kamenů větších jak 63 mm. Hrázka je budována postupně po jednotlivých výškových stupních, kdy jeden stupeň vždy činí 1 m. Provozovatel musí provádět průběžně záznamy o výstavbě do provozního deníku.

5.1.8 Nakládání se skládkovým plynem

Skládka Tisová je vybavena moderním systémem odplynění skládkového plynu z tělesa skládky a vybavena moderní technologií pro likvidaci tohoto plynu s využitím energie. Jímání skládkového plynu je prováděno tzv. vrchním odběrem pomocí plynových studní (Obr. 4), z tohoto důvodu však není možné odplynění provádět dříve než po uzavření tělesa.



Obr. 4: Plynová studna umístěná na koruně skládkového tělesa (fotoarchiv autora, 2019)

5.1.9 Doprava skládkového plynu

O dopravu skládkového plynu se stará čerpací stanice bioplynu MAEN 200-SP. (Obr. 5) Jedná se o kontejnerovou stanici se dvěma dmychadly o výkonu max 2 x 200 m³/hod. Uvnitř této stanice jsou monitorovací čidla, která mají za úkol hlídat únik plynu. V případě úniku je stanice okamžitě odstavena z provozu a větrána.



Obr. 5: Dmychadla čerpací stanice MAEN 200-SP (fotoarchiv autora, 2019)

5.1.10 Likvidace skládkového plynu

O likvidaci skládkového plynu se stará kogenerační jednotka, která pomocí spalování používá plyn k energetickému využití. Jedná se o model TEDOM Cento T300 S Bio CONM, který je umístěn v kontejneru nedaleko čerpací stanice. (Obr. 6) Jednotka je vybavena dvěma plynovými motory TB 158 GV TW86 a dvouložiskovým synchronním generátorem ECO 40-2S/4 od výrobce Mecc Alte Spa. (Obr. 7) Plyn je dopravován systémem plynovodů, kdy je možné jednotlivé větve uzavřít uzavíracími šachtami. Odplyňovací systém všech sekcí skládky je budován podle normy ČSN 83 3034 kde je dána podmínka, že všechny studny musí být plynotěsné a povrch skládky musí být překrýván kompostem. Dle směrnice rady 1999/31/ ES musí být plyn jímán ze všech skládek, na které je ukládán biologicky rozložitelný odpad a tento plyn musí být buď využíván, nebo likvidován. Skládky je vybavena také vysokoteplotní pochodní, kterou byl skládkový plyn likvidován dříve, než byla na skládce vybudována kogenerační jednotka, z toho je zřejmé, že zde bylo vždy nakládáno se skládkovým plynem dle platné legislativy. Je zde nařízeno provádět plynotěsný překryv tělesa vhodným materiálem, denní překrývání aktivním materiálem, jímací studny skládkového plynu musí být udržovány ve funkčním a plynotěsném stavu, pravidelně vyhodnocovat kvalitu skládkového plynu, který je měřen v jímacích studních a musí se provádět jak na provozované, tak zrekultivované ploše. Vybudování pasivního vrchního sběrného systému skládkového plynu nebylo doporučeno projektantem z důvodu možného poškození při sedání tělesa skládky. U takových systémů mohou vznikat snížená místa zaplněná kondenzátem z bioplynu, tím dochází k nefunkčnosti potrubí a udržet takové potrubí v provozuschopném stavu by bylo finančně náročné.



Obr. 6: Kogenerační jednotka a vysokoteplotní pochodeň skládky Tisová (fotoarchiv autora, 2019)



Obr. 7: Vnitřek kogenerační jednotky – plynové motory (fotoarchiv autora, 2019)

5.1.11 Monitorování podzemních vod

Kontrola podzemních vod je zde prováděna pomocí hydrogeologických vrtů, jejich hladina se sleduje 4x ročně. Jedná se o tři referenční vrty nad skládkou (PTS-1, PTS-2, PTS-10) tyto vrty jsou určené jako vrty, kde se kontroluje podzemní voda na vstupu. Na druhé straně skládky jsou umístěné dva indikační vrty (PTS-8, E2) kde je hodnocena podzemní voda na výstupu. Akreditovaná laboratoř zde provádí 2x do roka rozbor podzemních vod, kdy se zaměřuje na prvky jako jsou: zinek, olovo, arsen, nikl, NH₄⁺, CHSK-Cr, fenoly, pH atd. Za celou dobu provozu nebyl zjištěn jediný negativní vliv skládky na kvalitu podzemních vod v okolí.

5.1.12 Postup ukládání odpadu

Odpad je na skládku přivážen vozidly určenými pro svoz odpadu, před uložením je odpad zvážen pomocí mostové váhy a poté je navážen až na místo uložení a dále rozmístován bagrem a hutněn kompaktozem. Odpad je ukládán v pravidelných vrstvách, které jsou zasypávány zeminou vždy po dovršení 2 m odpadu. Skládky pro zasypávání těchto vrstev používá zeminu ze své kompostárny. Při porovnání s informacemi, které jsem se dověděl z odborné literatury, kdy je možné ve výjimečných případech vrstvit odpad až do výšky 10 m vyplývá, že je zde postupováno podle platných pravidel pro řízení skládkování.

5.1.13 Uzavírání a rekultivace skládky

Rekultivace této skládky už z větší části proběhla a další bude prováděna průběžně následujících letech dle zaplnění a požadovaného tvaru tělesa, ročně je zde totiž ukládáno 70–90 tis. tun odpadu. Konstrukci uzavření tvoří:

- Drenážní vrstva bioplynu z drenážního geosyntetika
- Vyrovňovací vrstva ze stabilizátu tl. 200 mm
- Těsnicí vrstva z bentonitové rohože, nebo minerální těsnicí vrstva tl. 500 mm
- Drenážní a filtrační geotextilie pro odvod srážkové vody
- Vrstva rekultivační zeminy tl. 700 mm
- Vrstva ornice s vysokým podílem humusu tl. 300 mm
- Zatravnění a případná likvidace náletů hluboko kořenících rostlin

Monitorování skládky dle provozního řádu bude prováděno min. 30 let po uzavření, dle platné legislativy, tak jako činnost provozních technologických zařízení jako jsou: systém odplynění po dobu tvorby skládkového plynu, tak i zařízení pro zachycování výluhů pod dobu jejich tvorby.

5.1.14 SWOT analýza skládky Tisová

Silné stránky	Hrozby
<p>Zázemí nejsilnější firmy zabývající se odpadovým hospodářstvím v ČR</p> <p>Vysoký finanční kapitál</p> <p>Moderní vybavení</p> <p>Ochrana životního prostředí</p> <p>Dodržování platné legislativy</p> <p>Dlouholeté zkušenosti v oboru</p> <p>Zkušený a kvalifikovaný personál</p> <p>Svážení odpadu vlastními prostředky</p> <p>Recyklační systém výluhových vod</p> <p>Vlastní kompostárna</p>	<p>Plán ukončení skládkování 2024 snad až 2030 (neví se)</p> <p>Vybudování většího počtu spaloven komunálního odpadu jinými společnostmi (bude mít za následek méně ukládaného odpadu)</p>
Slabé stránky	Příležitosti
<p>Nízké oplocení z východní strany, zvyšuje možnost úletu odpadu</p>	<p>Rozšíření svozu vlastními prostředky z více oblastí</p> <p>Vybudování třídírny odpadů, vytříděný odpad dále zpracovávat/prodávat (např. plast granulát)</p> <p>Vybudování spalovny odpadů, následně by se uložený odpad dal využít k výrobě elektrické energie</p>

Tab. 1: SWOT analýza skládka Tisová

5.2 Odběr vzorků uloženého odpadu

K teoretickému hodnocení bylo ze skládky odebráno 10 vzorků v průběhu roku 2019. Vzorky byly odebírány pomocí 10 l nádoby, do které se odpad odebral ručně pomocí ochranných rukavic. Na pohled bylo jasné, že se jedná o směsný komunální odpad, protože se jednalo o různý obalový materiál potravin, drogistického zboží smíchaný s biologicky rozložitelným odpadem s nevábně zavánějícím zápachem, který se nacházel v potrhaných igelitových pytlích. Každý vzorek byl zvážen, poté roztríděn na jednotlivé složky a složky byly dále zváženy, aby bylo možné určit hmotnost jednotlivých materiálových složek vzorku. Ke zjištění hmotnosti jednotlivých složek odpadu byla použita kalibrovaná váha KPZ 58-2 s váživostí do 30 kg, s přesností 0,2 g. (Obr. 8) Pytle byly vybrány z důvodu, že tato práce je zaměřena na komunální odpad, který nejvíce vzniká v domácnostech a každý domácí koš je dnes vybaven sáčkem pro odnášku odpadu do sběrné nádoby. Samozřejmě je možné, že se jedná i o odpad z jiných institucí, protože původ na skládce nelze přesně určit, nicméně bylo dbáno na to, aby vzorek byl co nejvíce objektivní. Při pohledu na obsah bylo patrné, že největší podíl tvoří plast a papír, kdy papír byl vždy velice vlhký z důvodu nasátí vlhkosti z organických složek odpadu.



Obr. 8: Váha KPZ 58-2 (fotoarchiv autora, 2019)

5.3 Výsledné hodnoty jednotlivých složek odebraného směšného komunálního odpadu

Odebírání vzorků bylo prováděno jednou za 3 týdny pomocí nádoby o objemu 10 litrů. Hmotnost odebraných vzorků vždy ovlivnila vlhkost jednotlivých složek a hmotnost odebraných vzorků se pohybovala v rozmezí 7–9 kg podle složení, což vypovídá o správném hutnění odpadu.

5.3.1 Odebraný vzorek č.1

Vzorek byl odebrán 19.3.2019. Celková hmotnost vzorku činí 7405 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 3211 g, plast o hmotnosti 1656 g, papír o hmotnosti 1383 g, sklo o hmotnosti 788 g, textil o hmotnosti 269 g, kov o hmotnosti 85 g, nebezpečný odpad 14 g, kde se jednalo o zapalovač naplněný plynem. (Tab. 2)

5.3.2 Odebraný vzorek č.2

Vzorek byl odebrán 2.4.2019. Celková hmotnost vzorku činí 6970 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 2869 g, plast o hmotnosti 1532 g, papír o hmotnosti 1414 g, sklo o hmotnosti 682 g, textil o hmotnosti 412 g, kov o hmotnosti 61 g. (Tab. 3)

Vzorek č.1			Vzorek č.2		
Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti	Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti
BRO	3211	43,36	BRO	2869	41,16
Plast	1656	22,36	Plast	1532	21,98
Papír	1383	18,68	Papír	1414	20,29
Sklo	788	10,64	Sklo	682	9,78
Textil	269	3,63	Textil	412	5,91
Kov	84	1,13	Kov	61	0,88
Nebezpečný odpad	14	0,19	Celkem	6970	
Celkem	7405				

Tab. 3: Odebraný vzorek č.2

Tab.2: Odebraný vzorek č.1

5.3.3 Odebraný vzorek č.3

Vzorek byl odebrán 23.4.2019. Celková hmotnost vzorku činí 8246 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 2221 g, plast o hmotnosti 1612 g, papír o hmotnosti 2032 g, sklo o hmotnosti 958 g, textil o hmotnosti 570 g, kov o hmotnosti 853 g. (Tab. 4)

5.3.4 Odebraný vzorek č.4

Vzorek byl odebrán 14.5.2019. Celková hmotnost vzorku činí 7234 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 1986 g, plast o hmotnosti 1374 g, papír o hmotnosti 1852 g, sklo o hmotnosti 897 g, textil o hmotnosti 563 g, kov o hmotnosti 562 g. (Tab. 5)

Vzorek č.3		
Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti
BRO	2221	26,93
Plast	1612	19,55
Papír	2032	24,64
Sklo	958	11,62
Textil	570	6,91
Kov	853	10,34
Celkem	8246	

Tab. 4: Odebraný vzorek č.3

Vzorek č.4		
Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti
BRO	1986	27,45
Plast	1374	18,99
Papír	1852	25,60
Sklo	897	12,40
Textil	563	7,78
Kov	562	7,77
Celkem	7234	

Tab. 5: Odebraný vzorek č.4

5.3.5 Odebraný vzorek č.5

Vzorek byl odebrán 4.6.2019. Celková hmotnost vzorku činí 7687 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 1356 g, plast o hmotnosti 1896 g, papír o hmotnosti 1748 g, sklo o hmotnosti 964 g, textil o hmotnosti 597 g, kov 1126 g. (Tab. 6)

5.3.6 Odebraný vzorek č.6

Vzorek byl odebrán 25.6.2019. Celková hmotnost vzorku činí 8975 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: Biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 1536 g, plast o hmotnosti 1824 g, papír o hmotnosti 2357 g, sklo o hmotnosti 1241 g, textil o hmotnosti 334 g, kov o hmotnosti 1683 g. (Tab. 7)

Vzorek č.5		
Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti
BRO	1356	17,64
Plast	1896	24,67
Papír	1748	22,74
Sklo	964	12,54
Textil	597	7,77
Kov	1126	14,65
Celkem	7687	

Tab. 6: Odebraný vzorek č.5

Vzorek č.6		
Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti
BRO	1536	17,11
Plast	1824	20,32
Papír	2357	26,26
Sklo	1241	13,83
Textil	334	3,72
Kov	1683	18,75
Celkem	8975	

Tab. 7: Odebraný vzorek č.6

5.3.7 Odebraný vzorek č.7

Vzorek byl odebrán 16.7.2019. Celková hmotnost vzorku činí 8952 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 1451 g, plast o hmotnosti 1972 g, papír o hmotnosti 2284 g, sklo o hmotnosti 984 g, textil o hmotnosti 225 g, kov o hmotnosti 1429 g, nebezpečný odpad o hmotnosti 607 g, kde se jednalo o náplň nádoby s ředidlem S 6005. (Tab. 8)

5.3.8 Odebraný vzorek č.8

Vzorek byl odebrán 6.8.2019. Celková hmotnost vzorku činí 8313 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 1546 g, plast o hmotnosti 2359 g, papír o hmotnosti 2768 g, sklo o hmotnosti 794 g, kov o hmotnosti 846 g. (Tab. 9)

Vzorek č.7			Vzorek č.8		
Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti	Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti
BRO	1451	16,21	BRO	1546	18,60
Plast	1972	22,03	Plast	2359	28,38
Papír	2284	25,51	Papír	2768	33,30
Sklo	984	10,99	Sklo	794	9,55
Textil	225	2,51	Kov	846	10,18
Kov	1429	15,96	Celkem	8313	
Nebezpečný odpad	607	6,78			
Celkem	8952				

Tab. 9: Odebraný vzorek č.8

Tab. 8: Odebraný vzorek č.7

5.3.9 Odebraný vzorek č.9

Vzorek byl odebrán 27.8.2019. Celková hmotnost vzorku činí 7484 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 2968 g, plast o hmotnosti 1829 g, papír o hmotnosti 1451 g, sklo o hmotnosti 682 g, textil o hmotnosti 397 g, kov o hmotnosti 124 g, nebezpečný odpad o hmotnosti 33 g. (Tab. 10)

5.3.10 Odebraný vzorek č.10

Vzorek byl odebraný 17.9.2019. Celková hmotnost činí 7965 g. Jednotlivé složení odebraného vzorku: biologicky rozložitelný odpad o hmotnosti 2532 g, plast o hmotnosti 2146 g, papír o hmotnosti 1973 g, sklo o hmotnosti 854 g, kov o hmotnosti 460 g. (Tab. 11)

Vzorek č.9		
Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti
BRO	2968	39,66
Plast	1829	24,44
Papír	1451	19,39
Sklo	682	9,11
Textil	397	5,30
Kov	124	1,66
Nebezpečný odpad	33	0,44
Celkem	7484	

Tab. 10: Odebraný vzorek č.9

Vzorek č.10		
Materiál	Hmotnost/g	% z celkové hmotnosti
BRO	2532	31,79
Plast	2146	26,94
Papír	1973	24,77
Sklo	854	10,72
Kov	460	5,78
Celkem	7965	

Tab. 11: Odebraný vzorek č.10

5.4 Zhodnocení hmotnosti jednotlivých složek odpadu

V tabulce 12 jsou uvedeny hodnoty hmotnosti všech složek odebraných vzorků. Celkem bylo odebráno 79131 g odpadu. Z toho 21676 g biologického odpadu, 18100 g plastů, 19262 g papíru 8844 g skla, 3367 g skla, 7228 g kovu a 654 g nebezpečného odpadu.

Odběr	Bro (g)	Plast (g)	Papír (g)	Sklo (g)	Textil (g)	Kov (g)	Nebezpečný odpad (g)	Celkem (g)
1	3211	1556	1383	788	269	84	14	7305
2	2869	1532	1414	682	412	61	0	6970
3	2221	1612	2032	958	570	853	0	8246
4	1986	1374	1852	897	563	562	0	7234
5	1356	1896	1748	964	597	1126	0	7687
6	1536	1824	2357	1241	334	1683	0	8975
7	1451	1972	2284	984	225	1429	607	8952
8	1546	2359	2768	794	0	846	0	8313
9	2968	1829	1451	682	397	124	33	7484
10	2532	2146	1973	854	0	460	0	7965
Celkem (g)	21676	18100	19262	8844	3367	7228	654	79131

Tab. 12: Součet všech odebraných vzorků

5.5 Podíl hořlavých a nehořlavých látek směsi

Do hořlavé složky odpadu byl zařazen biologicky rozložitelný komunální odpad, plast, papír a textil. Nehořlavou složku odpadu tvoří kov a sklo, nebezpečný odpad nebyl zařazen ani do jedné ze složek, protože u něj je vždy potřeba postupovat obezřetně a každý typ nebezpečného odpadu likvidovat individuálně a jiným způsobem, je třeba si uvědomit, že se může jednat o různé chemické látky s vysokou škodlivostí na lidské zdraví, životní prostředí, hořlavostí a výbušností. V tabulce 13 je uveden podíl hořlavých a nehořlavých složek odebraného odpadu. Je zde uveden i podíl nebezpečného odpadu, který by neměl být likvidován cestou vhozením do sběrné nádoby SKO a nebude dále hodnocen.

Podíl hořlavých složek	Podíl nehořlavých složek	Nebezpečný odpad
62405 g	16072 g	654 g
78,86%	20,31%	0,83%

Tab. 13: Podíl hořlavých a nehořlavých složek odpadu

5.6 Laboratorní rozbor směsného komunálního odpadu

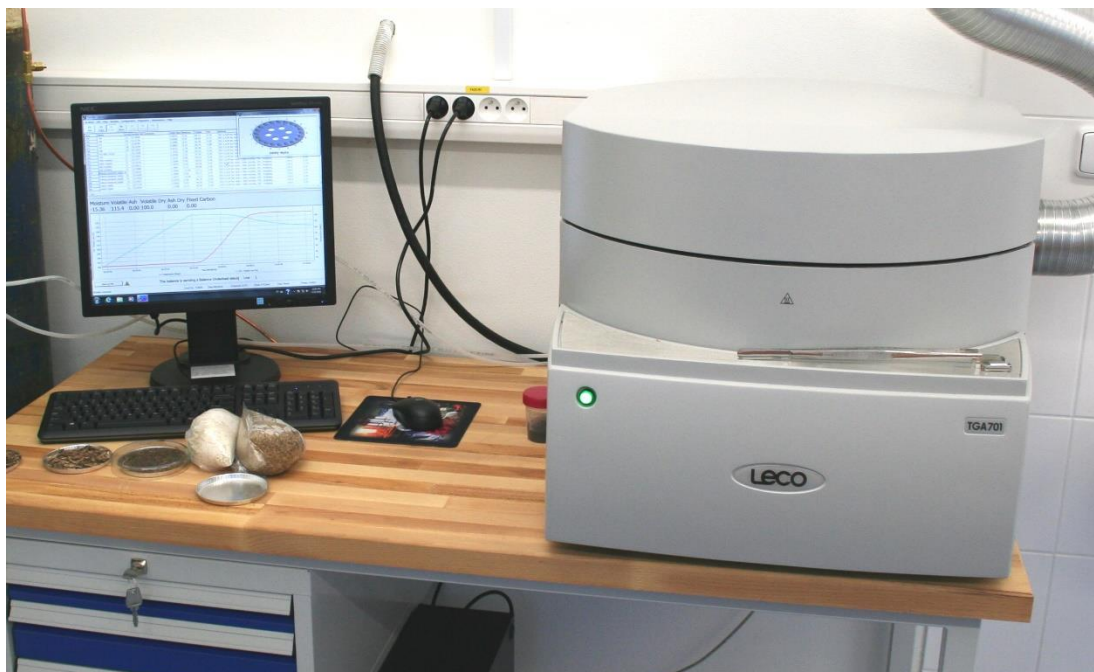
Laboratorní rozbor byl proveden v laboratoři Technické fakulty ČZU, která je vybavená zařízením, které je schopno měřit energetické a tepelně technické parametry materiálů. Dále zařízení umožňuje stanovit obsah popela, vlhkosti, pevného uhlíku, prchavé hořlaviny, stanovit výhřevnost a spalné teplo, teplotu vznícení a elementární složení.

5.6.1 Metodika měření

Odebraný odpad byl přetříděn na jednotlivé složky, určena hmotnost jednotlivých složek a následně přepočítány na celkové množství zbytkového odpadu. Poté byl odpad vyčištěn ultrazvukovou čističkou po dobu 5 až 10 minut a dále očištěn proudem vody. Vysušení bylo docíleno předsušením proudem vzduchu a dále byl materiál 2 hodiny sušen pomocí komorové sušárny Memment UN 30 za použití teploty 60° C. Poté byly vzorky zmenšeny na velikost 1 cm. Připravené vzorky byly následně spáleny a proveden rozbor spalin a tuhých zbytků v dalších zařízeních.

5.6.2 Analyzátor LECO TGA 701

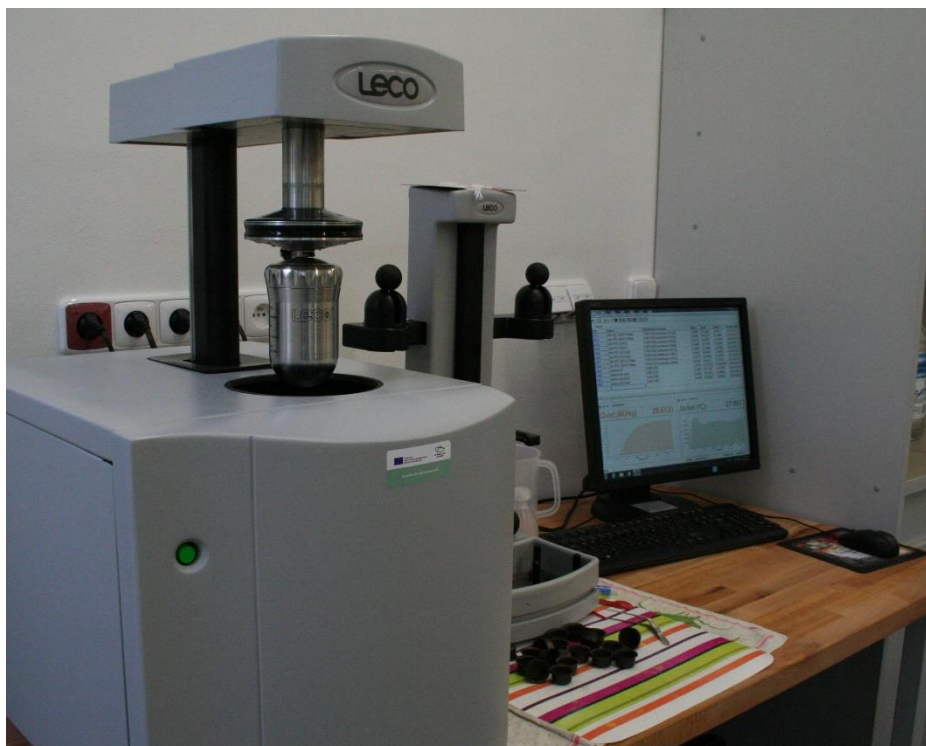
Je termogravimetrický analyzátor, za pomoci kterého se určuje úbytek hmotnosti daného materiálu, ke kterému dochází při tepelném zatížení za použití pece a různých teplot. Je schopen určit množství prchavých hořavin, popela, vlhkosti a ztráty při žíhání. Tento analyzátor dokáže vyvinout teplotu až 1 000 °C a jeho pec je vybavena váhou, pomocí které lze v průběhu spalovacího procesu vážit jednotlivé vzorky. (Obr. 9)



Obr. 9: Termogravimetrický analyzátor Leco TGA 701 (fotoarchiv autora, 2019)

5.6.3 Kalorimetr LECO AC-600

Jedná se o poloautomatický isoperibolický kalorimetr, pomocí kterého se určuje spalné teplo daného materiálu při jeho dokonalém spálení v kalorimetrické bombě, kde se vyvinuté teplo přeneso do vodní lázně, kterou je kalorimetrická bomba obklopena, zařízením je změřen teplotní skok, z něhož je za pomoci počítače a příslušného programu vypočteno spalné teplo. K určení výhřevnosti je použito výpočtu dle prvkového složení a objemu vody dle ISO 1928. (Obr. 10)



Obr. 10: Kalorimetr Leco AC-600 (fotoarchiv autora, 2019)

5.6.4 Elementární analyzátor CHN628 + S

Elementárním analyzátor je zařízení, jehož pomocí se provádí měření dusíku, síry, vodíku a uhlíku. Tyto prvky jsou měřeny při spalování za použití teploty maximálně 950 °C pro uhlík, dusík a vodík a při spalování síry je vyvinuta teplota až 1 350 °C. Spalováním dochází ke vzniku plynů, které prochází detektory, které měří každý z těchto prvků zvlášť pomocí infračervené spektrometrie a tepelnou vodivost pro dusík. (Obr. 11)



Obr. 11: Elementární analyzátor CHN628+S (fotoarchiv autora, 2019)

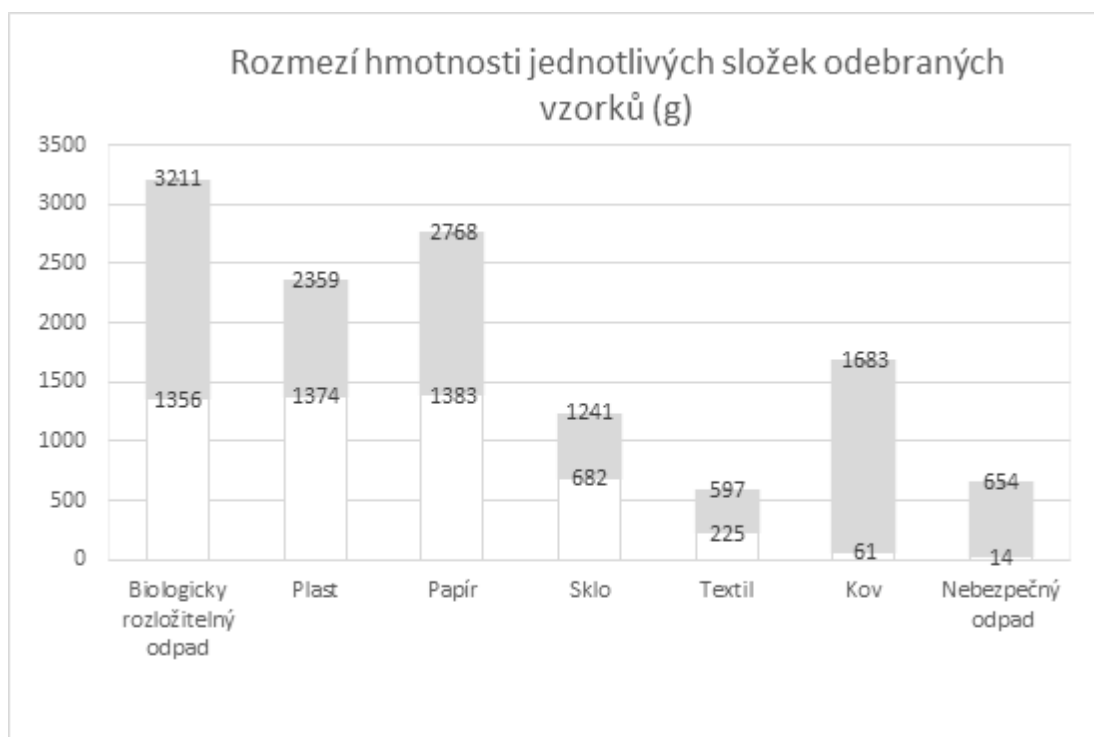
6 VÝSLEDKY A JEJICH HODNOCENÍ

6.1 Výsledný průměr jednotlivých složek odebraných vzorků

V tabulce 14 je uvedena průměrná hmotnost odebraných vzorků, která činí 7913,1 g, kdy průměrná hmotnost jednotlivých složek činí: biologicky rozložitelný odpad: 2167,6 g, plast 1810 g, papír 1926,2 g, sklo 884,4 g textil 336,7 g, kov 722,8 g, nebezpečný odpad 65,4 g. Rozmezí hmotnosti jednotlivých složek odpadu je uvedeno v grafu (Obr. 12) a činí: pro biologicky rozložitelný odpad 1356–3211 g, plast 1374–2359 g, papír 1383–2768 g, sklo 682–1241 g, textil 225–597 g, kov 61–1683 g, nebezpečný odpad 14–654 g. Je nutné uvést, že textil se v odebraných vzorcích nacházel 8x z 10 odběrů a nebezpečný odpad byl zde nalezen pouze 3x. Ostatní složky se v odebraných vzorcích nacházely vždy.

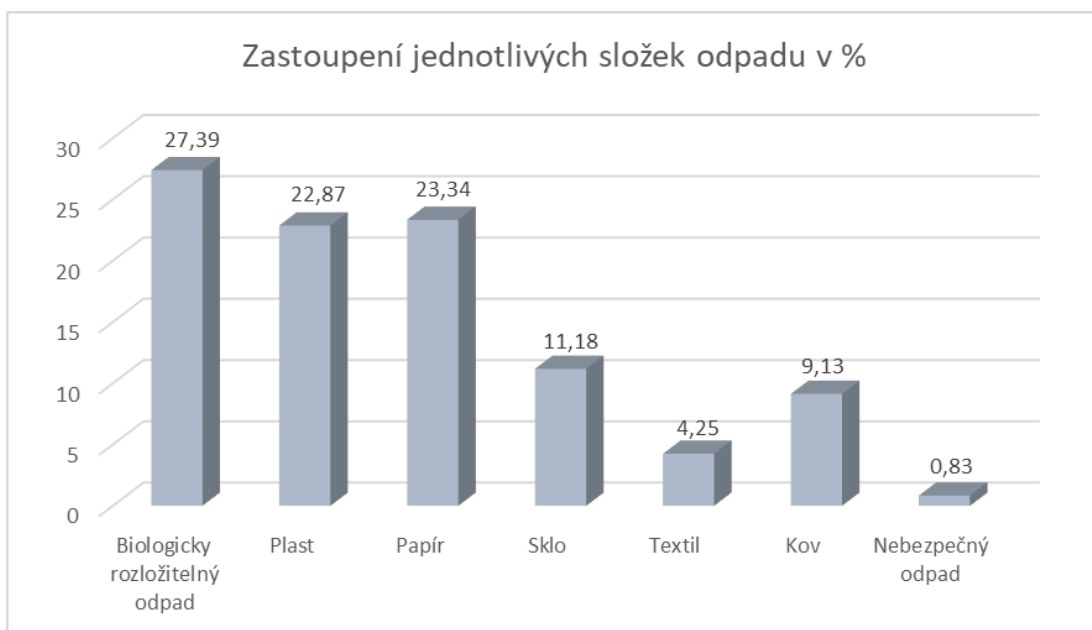
	Bro (g)	Plast (g)	Papír (g)	Sklo (g)	Textil (g)	Kov (g)	Nebezpečný odpad (g)	Celkem
Průměrná hmotnost (g)	2167,6	1810	1926,2	884,4	336,7	722,8	65,4	7913,1

Tab. 14: Průměrná hmotnost jednotlivých složek odpadu



Obr. 12: Graf – hmotnostní rozmezí odebraných vzorků

Z výsledného grafu (Obr. 13) je patrné, že nejvíce zastoupenou složkou je biologicky rozložitelný odpad, následován papírem a plasty. Sklo a kov jsou v odpadu zastoupeny méně.



Obr. 13: Graf – procentuální zastoupení jednotlivých složek odpadu

6.2 Výsledný laboratorní rozbor hořlavých složek odpadu

Rozborem byly zjištěny výsledné hodnoty výhřevnosti a spalného tepla jednotlivých materiálů a také obsah popela, uhlíku, dusíku, síry a kyslíku.

6.2.1 Plasty

Laboratorním rozbohem bylo zjištěno několik druhů plastů jako jsou: Polyvinylchlorid (PVC), Vícevrstvý obal – nápojový karton (C/PAP), Polystyren (PS), Nízkohustotní polyetylen (LDPE), Polyetylentereftalát (PET), Polypropylen (PP). Z výsledků měření vyplývá, že plastové produkty mají výhřevnost 20–43 MJ.kg⁻¹. (Tab. 15)

Plasty									
	Původní stav								
Vzorek	Vlhkost	Popel	Uhlík	Vodík (vč. vody)	Dusík	Síra	Kyslík	Spalné teplo	Výhřevnost
% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	MJ.kg ⁻¹	MJ.kg ⁻¹
C/PAP	9,74	11,71	44,17	13,6	0	0,06	20,72	31,54	29,23
LDPE	0,55	3,56	81,32	13,74	0	0	0,83	44,08	40,95
PVC	0,92	2,51	37,15	4,73	0	52,9	1,82	21,56	20,23
PS	0,89	0,19	90,56	7,71	0	0	0,65	39,97	38,41
PET	0,42	0	62,19	5,03	0	0	32,36	23,59	22,17
PP	0,52	2,05	82,83	13,07	0	0	1,53	45,84	43,14

Tab. 15: Výsledné hodnoty laboratorního rozboru plastů

6.2.2 Biologicky rozložitelný odpad

Další složky tvořil biologicky rozložitelný odpad (BRO), tento odpad obsahoval 3,3 % větších kamenů, které byly z odpadu odstraněny. Odpad byl dále rozdělen na nadsítnou frakci, která dále obsahovala 6 % malých kamínků, které byly z odpadu odstraněny. Výhřevnost nadsítné frakce činí 10,98 MJ.kg⁻¹. Další částí tohoto druhu odpadu je podsítná frakce, u které hodnota výhřevnosti činí 7,17 MJ.kg⁻¹.

Biologicky rozložitelný odpad									
Vzorek	Vlhkost vzorku	Popel celkem	C	H v hořlavině	N	S	O	Spalné teplo	Výhřevnost
	% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	MJ.kg ⁻¹	MJ.kg ⁻¹
BRO celkem	38,00	40,28	11,44	1,24	1,07	0,24	8,96	5,10	3,93
Analytický stav (vysušeno a ponecháno v laboratoři na vzduchu, vybrány kamínky)									
	Vlhkost	Popel	Uhlík	Vodík vč. vody	Dusík	Síra	Kyslík	Spalné teplo	Výhřevnost
	% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	% hm	MJ.kg ⁻¹	MJ.kg ⁻¹
BRO podsítná frakce	4,38	59,18	18,80	2,56	1,82	0,40	12,87	7,73	7,17
SD	0,10	1,06	3,19	0,43	0,14	0,00		0,16	
RSD	0,02	0,02	0,17	0,17	0,08	0,00		0,02	
n	14	14	14	14	14	14		14	
BRO nadsítná frakce	5,01	47,92	21,51	2,80	1,79	0,45	20,52	11,60	10,98
SD	0,27	5,36	3,57	0,47	0,21	0,05		0,47	
RSD	0,05	0,11	0,17	0,17	0,11	0,11		0,04	
n	15	15	15	15	15	15		15	
BRO celkem	4,26	59,07	18,28	2,46	1,70	0,39	13,84	8,15	7,61

SD – standardní odchylka, RSD – relativní standardní odchylka, n – počet dobrých měření, výhřevnost podle ISO 1928

Tab. 16: Výsledné hodnoty laboratorního rozboru BRKO

6.2.3 Papír

Poslední hodnocenou kategorií je papír, který byl dále rozdělen do následujících skupin: kancelářský papír s výhřevností 11.82 MJ.kg⁻¹, barevný papír s výhřevností 12.15 MJ.kg⁻¹ a lepenka s výhřevností 13.53 MJ.kg⁻¹. Průměrná výhřevnost papíru činí 12,5 MJ.kg⁻¹. Zde je potřeba uvést, že uvedená vlhkost je změřena až po vysušení vzorků a průměrná hodnota činí 4,39 %.

PAPÍR									
Materiál	Vlhkost	Popel	C	H (vč. vody)	N	S	O	Spalné teplo za konst. obj.	Výhřevnost za konst. tlaku
	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	MJ.kg ⁻¹	MJ.kg ⁻¹
Papír - kancelářský	4,13	12,63	36,17	5,11	0,06	0,04	41,86	12,94	11,82
SD	0,14	0,21	0,09	0,03	0,01	0,01	99,51	0,09	
RSD	0,03	0,02	0,00	0,01	0,10	0,33	99,51	0,01	
n	14	14	14	14	14	14	14	14	
Papír - barevný	4,23	20,41	35,31	4,77	0,09	0,03	35,18	13,19	12,15
SD	0,23	1,14	2,18	0,29	0,01	0,01		0,36	
RSD	0,05	0,06	0,06	0,06	0,12	0,18		0,03	
n	14	14	14	14	14	14	14	14	
Papír - lepenka	4,82	11,58	39,35	5,41	0,14	0,05	38,66	14,72	13,54
SD	0,14	0,22	1,16	0,15	0,00	0,00		0,05	
RSD	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,07		0,00	
n	14	14	14	14	14	14		14	
Průměr	4,39	14,87	36,94	5,09	0,09	0,04	38,56	13,61	12,50

SD – standardní odchylka, RSD – relativní standardní odchylka, n – počet dobrých měření

Tab. 17: Výsledné hodnoty laboratorního rozboru papíru

6.2.4 Textil

Textilu bylo ve vzorcích odebráno minimální množství, a proto u něj nebyl prováděn laboratorní rozbor. Výhřevnost textilu je převzata z odborné literatury a jeho hodnota činí 18,3 MJ.kg⁻¹. (Baláš et Skála et Lisý, 2014)

6.3 Výhřevnost průměrného složení odpadu

Tabulka níže uvádí výhřevnost jednotlivých materiálů a jejich průměrnou výhřevnost, která by platila při rovnoměrném zastoupení jednotlivých druhů materiálů. Komunální odpad je však tak rozmanitý materiál, že se jeho materiálové složení mění prakticky každým dalším uloženým odpadem a jeho výhřevnost se mění. Záleží zde na vlhkosti uloženého odpadu a také na vlhkosti vzduchu a srážkách. Biologicky rozložitelný odpad, který je zastoupen nejvíce, bude vždy svou vlhkostí snižovat výhřevnost celého odpadu, je tedy třeba provést výpočet výhřevnosti průměrného odebraného vzorku při zastoupení: biologicky rozložitelný odpad 2167,6 g při výhřevnosti 3,93 MJ.kg⁻¹, protože zde není předpoklad, že by spálení ve spalovně předcházelo sušení odpadu, plast 1810 g při průměrné výhřevnosti 32,35 MJ.kg⁻¹, papír 1926,2 g při průměrné vlhkosti 12,5 MJ.kg⁻¹, textil 336,7 g při výhřevnosti 18,3 MJ.kg⁻¹.

Výhřevnost jednotlivých složek					
Biologicky rozložitelný odpad	MJ.kg ⁻¹	Papír	MJ.kg ⁻¹	Plast	MJ.kg ⁻¹
BRO v původním stavu bez sušení	3,93	Papír kancelářský	11,82	C/PAP Nápojový karton	29,23
BRO podsítná frakce	7,17	Papír barevný	12,15	LDPE nízkohustotní	40,95
BRO nadsítná frakce	10,98	Papír lepenka	13,54	PVC polyvinylchlorid	20,23
				PS polystyren	38,41
				PET polyethylentereftal	22,17
				PP polypropylen	43,14
Průměr BRO	9,07	Průměr papír	12,5	Průměr plast	32,35

Tab. 18: Výhřevnost jednotlivých složek odpadu

V tabulce 19 jsou uvedeny průměrné hodnoty výhřevnosti jednotlivých složek odpadu, dále následuje vypočtená hodnota výhřevnosti hořlavých složek odpadu, která činí 13,57 MJ.kg⁻¹ při započtení 20,31 % nehořlavých složek, proto klesá výhřevnost na 10,82 MJ.kg⁻¹.

Průměrná výhřevnost	
	MJ.kg ⁻¹
BRO	9,07
Plast	32,35
Papír	12,5
Sklo	0
Textil	18,3
Kov	0
Nebezpečný odpad	0
Výhřevnost hořlavých látek průměrného vzorku	13,57
Celková výhřevnost průměrného vzorku	10,82

Tab. 19: Konečná výhřevnost průměrného odebraného vzorku

6.4 Posouzení konečných hodnot výhřevnosti

V tabulce 20 jsou uvedeny hodnoty výhřevnosti jednotlivých složek SKO z výzkumu spalování odpadů z roku 2003-2005, který prováděl profesor Obroučka z Technické univerzity v Ostravě a v zeleném sloupci jsou zobrazeny hodnoty tohoto výzkumu pro porovnání hodnot průměrné výhřevnosti jednotlivých složek SKO. Pokud porovnáme výsledné hodnoty výhřevnosti této práce s hodnotami výzkumu profesora Obroučky, dojdeme k závěru, že výsledné hodnoty u většiny složek mají podobnou hodnotu. Samozřejmě ne všechny složky vykazují stejnou výhřevnost. Největší rozdíl vykazuje hodnota výhřevnosti BRO, kdy průměrná hodnota tohoto výzkumu je $9,07 \text{ MJ.kg}^{-1}$ a hodnota dle prof. Obroučky činí $6,28 \text{ MJ.kg}^{-1}$. (Obroučka, 2005) To může být zapříčiněno mnoha faktory, ať už vlhkostí, nebo jiným materiálovým složením, protože pod výrazem BRO se může skrývat směs různého druhu biologického materiálu a jeho výhřevnost bude pokaždé jiná. Průměrná výhřevnost plastů vykazuje v obou výsledcích hodnotu nad 32 MJ.kg^{-1} , z toho je patrné, že plast je velmi dobře energeticky využitelný materiál. Pro porovnání můžeme uvést třeba hodnotu výhřevnosti hnědého uhlí z produkce dolu Jiří, Sokolovské uhelné a. s., jehož výhřevnost se pohybuje v rozmezí $10,75 - 14,5 \text{ MJ.kg}^{-1}$ podle druhu a kvality. (SUAS, 2009) Toto hnědé uhlí je používáno k výrobě elektrické energie v elektrárně Tisová, kterou provozuje právě společnost SUAS. Hodnota průměrné výhřevnosti papíru vykazuje podobnou hodnotu $12,5$ vs $13,99 \text{ MJ.kg}^{-1}$, zde samozřejmě záleží na posuzovaných složkách papíru, které jsou ve směsi obsaženy a také na vstupní vlhkosti materiálu. Poslední hodnocenou složkou je textil, kdy v této práci textil laboratorně zkoumán nebyl a jeho výhřevnost byla převzata z odborné literatury, kde jeho výhřevnost činí $18,3 \text{ MJ.kg}^{-1}$ (Baláš et Skála et Lisý, 2014) a výhřevnost, kterou určil prof. Obroučka udává hodnotu $18,92 \text{ MJ.kg}^{-1}$. (Obroučka, 2005)

Celková průměrná výhřevnost zkoumaného materiálu činí $10,82 \text{ MJ.kg}^{-1}$ a je potřeba prokázat, že tato hodnota je dostatečná k termickému využití odpadu, pokud by totiž tato hodnota nebyla dostatečná, muselo by spalování odpadu probíhat za pomoci dodatečného paliva, např. zemního plynu, a proto uvádím závěr odborného posouzení možností spalování odpadu o velmi nízké výhřevnosti, který prováděla Fakulta strojní – ústav energetiky ČVUT v Praze. V tomto závěru je udávaná hodnota limitní hodnota $7,6 \text{ MJ.kg}^{-1}$ při 15% vstupní vlhkosti. V případě nižší výhřevnosti je

nutné podpořit spalování podpůrným palivem a v tom případě se už nejedná o energetické využití odpadů, ale o termickou likvidaci odpadu. Závěr této studie také uvádí: „Pouze pro srovnání, v rámci elektrárenského a teplárenského průmyslu je běžně využíváno uhlí s výhřevností na úrovni 10 až 12 MJ.kg⁻¹. Podobné hodnoty jsou obecně udávány i pro výhřevnost komunálního odpadu a to 8 až 12 MJ.kg⁻¹. Energetická zařízení jsou obvykle na dané hodnoty navrhována.“ (Hrdlička et Opařil, 2016) Je tedy podloženo, že výsledná výhřevnost zjištěná touto prací odpovídá požadované výhřevnosti pro spálení ve spalovně.

Parametry složek SKO dle prof. Obroučky					Průměrná výhřevnost zjištěná touto prací
Odpad		Vlhkost (% hm)	Spalné teplo (MJ.kg ⁻¹)	Výhřevnost (MJ.kg ⁻¹)	(MJ.kg ⁻¹)
Papír	Karton-lepenka	5,3	14,23	12,94	12,5
	Jiné obaly	15,5	12,57	11,05	
	Knihy	3,8	14,14	12,86	
	Jiný papír	4,6	15,56	14,10	
	TP	7,8	20,66	18,98	
	Průměr papír	7,4	15,43	13,99	
Plast	PET	0,9	24,51	23,54	32,35
	PS	2,2	31,52	29,75	
	LDPE	1,6	40,46	37,57	
	HDPE	0,2	43,06	40,36	
	Průměr plast	1,2	34,89	32,81	
BRO	Z domácností	48,3	8,52	6,64	9,07
	Ze zahrad	52,2	7,70	5,92	
	Průměr BRO	50,25	8,11	6,28	
Textil	Přírodní	4,4	18,24	16,86	18,3
	Směs	2,2	22,31	20,98	
	Průměr textil	3,3	20,28	18,92	

Tab. 20: Porovnání průměrné výhřevnosti výzkumu prof. Obroučky s výsledky této práce (Obroučka, 2005; výsledky této práce, 2020)

7 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Tímto zkoumáním bylo zjištěno, že největší hmotnostní podíl ukládaného odpadu tvoří biologicky rozložitelný materiál (odpad), jeho hmotnost však z velké míry ovlivňuje jeho vlhkost, ale je zde také potřeba vzít v úvahu roční období a počasí, kdy v letních měsících lidé vyhazují do kontejnerů například posekanou trávu, protože kontejnery umístěné v obcích nejsou určeny pouze na bioodpad, ale právě na sběr směsného komunálního odpadu. Tím se v letních měsících zvyšuje podíl BRO v SKO, také je zde potřeba vzít v úvahu dešťové srážky, jejich počet se mění s každým ročním obdobím a jejich vlivem stoupá hmotnost a vlhkost uloženého odpadu. K uloženým plastům je třeba uvést, že se většinou jednalo o obalové materiály od potravin a drogistického zboží, ale i různé dětské hračky a plasty nejistého původu, které byly silně znečištěné biologicky rozložitelným odpadem. U papíru a textilu mohla být hmotnost ovlivněna jejich vlhkostí, kterou převzali z ostatních složek odpadu. Malé množství kovu je možné přisoudit jeho nízkému využívání jako obalového materiálu a jeho recyklaci pomocí sběren kovového šrotu, avšak kov v tomto měření nelze hodnotit objektivně, protože se na skládce nachází i větší kusy kovového odpadu, které nebylo možné do nádoby vložit, jedná se například o konstrukci starého dětského kočárku nebo vnitřek pružinové matrace atd. Tento odpad bohužel není možné odebrat a dopravit do laboratoře, k tomu by bylo zapotřebí provést výzkum, kdy by jeden odebraný vzorek vážil cca. 1 tunu, a bylo by k tomu zapotřebí silné techniky. Při odběru vzorku vždy hraje roli počasí, protože spadlé srážky ovlivní jak vlhkost odebraného vzorku, tak i jeho hmotnost. Po zhodnocení uložených materiálů bylo zjištěno, že by bylo možné je dále využít k energetickému a materiálnímu využití. Hořlavé složky zde tvoří necelých 79 %, to znamená, že je tento odpad možné energeticky využít jeho spálením. Cílem této práce je zhodnotit efektivitu řízeného skládkování, které v současné době je prováděno dle platné legislativy, ale není prováděno nejlepším možným způsobem, protože jsou ukládány odpady, které je možné dále zpracovat a využít, protože odpad obsahuje vysoký podíl biologicky rozložitelného odpadu, vysoký obsah plastů, které mají i dvojnásobně vyšší výhřevnost než uhlí, papír, který je možné dále energeticky využít. Problém je, že v České republice existují jen čtyři spalovny komunálního odpadu, a tak musí být odpad ukládán na skládky. Důvodem nedostatku spaloven je jejich vysoká pořizovací cena. Rozsáhlá síť spaloven by jistě byla řešením, jak naložit s veškerým komunálním odpadem, ale zamyslíme-li se nad danou problematikou hlouběji a vezmeme v potaz

výsledky této práce, zjistíme, že ne všechny biologicky rozložitelný odpad je potřeba spalovat, ale dal by se z odpadu vytrít už v domácnosti a částečně kompostovat, samozřejmě jen ten BRO, který je ke kompostování vhodný. Tím samozřejmě stoupne konečná výhřevnost spalovaného materiálu a bude se zvyšovat každým dalším vytríděním nehořlavých složek. Pokud tedy vytrídíme kov a sklo, zůstanou z hořlavých složek jen BRO, papír, textil a plast, které budou mít průměrnou výhřevnost vyšší než 20 MJ.kg^{-1} . Znamená to, že tyto materiály jsou vhodné k energetickému využití. Záleží však také na tom, jestli je zařízení určené ke spalování odpadů uzpůsobené ke spalování materiálů s tak vysokou výhřevností, protože běžně má komunální odpad, který je spalován ve spalovně Plzeň – Chotíkov výhřevnost $8 - 10 \text{ MJ.kg}^{-1}$, jak uvedl vedoucí váhy spalovny pan Klimeš, který také zaslal parametry kotle, které uvádí výrobce: průměrná výhřevnost - $10,985 \text{ MJ.kg}^{-1}$, tepelný příkon v SKO - $37,8 \text{ MW}$, výhřevnost SKO na vstupu do ZEVO - $7 - 14 \text{ MJ.kg}^{-1}$, sypná hmotnost cca - 400 kg/m^3 . Samotné průmyslové plasty jsou spalovnou odmítány z důvodu vysoké výhřevnosti nad 30 MJ.kg^{-1} . Nastává tedy otázka, zda je lepší ponechat plasty smíchané s dalším odpadem a ten jako směsný komunální odpad spálit ve spalovně, nebo jednotlivé složky vytrít už v domácnosti, tak jak se třídí ve vyspělých zemích EU, tj. každý druh odpadu vytrít zvlášť, což by znamenalo mít doma odpadkový koš na plast, papír, sklo, BRO, kov a textil a odnášet tyto složky každou zvlášť do určeného kontejneru. Tyto kontejnery by musely být u každého domu a musel by se změnit i systém svozu odpadů. Část biologicky rozložitelného odpadu je možné kompostovat a tu část, která ke kompostování není vhodná energeticky využít. Některé plasty a papír je možné dále recyklovat. Jako zcela recyklovatelné můžeme považovat sklo a kov. Textil, nerecyklovatelné plasty a papír je možno energeticky využít, samozřejmě za předpokladu, že jejich vysoká výhřevnost je žádoucí a bude vybudován dostatek zařízení, která budou zvládat spalovat materiál s vysokou výhřevností, ale také vytvářet minimální emise. Samozřejmě nejvíce reálnou možností je komunální odpad ponechat, tak jak je a vybudovat rozsáhlou síť spaloven, tak aby byl všechny komunální odpad spálen a až ten odpad, který po spálení zbyde, uložit na skládku. Zařízení na spalování SKO jsou již v provozu a jejich používání je velice efektivní, lidé budou odpad produkovat vždy a dle složení se tento materiál nejvíce hodí k energetickému využití a také při spálení ve spalovně dojde k zneškodnění všech choroboplodných zárodků, které se v odpadu mohou vyskytovat, protože ne každý občan je uvědomělý a stává se ve velké míře to, že v SKO končí i

odpad, který by měl být likvidován speciální cestou. Pro výstavbu nových spaloven je zapotřebí změna legislativy a osvěta veřejnosti, pro výhodnost budování nových spaloven komunálního odpadu. Dále dotační podpora a nějaká forma daňových úlev pro provozovatele ZEVO, protože výstavba takového zařízení je velmi nákladná.

8 Seznam použitých zdrojů

8.1 Odborné publikace

ALLEN A., 2000: Containment landfills: the myth of sustainability. *Engineering geology* 60: 3-19.

ALTMAN V., 1996: Odpadové hospodářství. Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Ostrava, 89 s.

ALTMAN V., RŮŽIČKA M., 1996: Technologie a technika skládkového hospodářství. Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Ostrava, 82 s.

BENEŠ B., 1999: Praktická příručka odpadového hospodářství. Dashöfer Verlag, Praha, svazek 2: 6-16.

CORD-LANDWEHR K., 2002: Einführung in die Abfallwirtschaft. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 364 s.

DELLASALA A. D., GOLDSTEIN I. M., 2018: Encyclopedia of the Anthropocene – Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Vol. 5, Elsevier, Amsterdam, 275 s.

DERKSEN L., GARTRELL J., 1993: The social context of recycling. *American Sociological Review* vol. 58: 434-442.

EGGEN T., MOEDER M., ARUKWE A., 2010: Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants. *Science of The Total Environment* Vol. 408 Issue. 21: 5147-5157. ISSN: 0048-9697

FILIP J., ORAL J., 2003: Odpadové hospodářství II. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 78 s.

FILIP J., BOŽEK F., KOTOVICOVÁ J., 2003: Komunální odpad a skládkování. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 230 s.

HLAVATÁ M., 2004: Odpadové hospodářství. Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Ostrava, 174 s.

HRDLIČKA F., OPAŘIL J., 2016: Odborné posouzení možností spalování odpadu o velmi nízké výhřevnosti. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní – ústav energetiky, Praha, 12 s.

CHRISTENSEN T. H. [ed.], 2010: Solid Waste Technology and Management. John Wiley and Sons, Ltd, Chichester, 1052 s.

JUCHELKOVÁ D., 2000: Likvidace a využití odpadů. Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Ostrava, 76 s.

JURNIK A., 1994: Ekologické skládky domovního a průmyslového odpadu. ALDA nakladatelství s. r. o., Olomouc, 179 s.

KIZLINK J., 2014: Odpady, Sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa, Akademické nakladatelství Cerm s.r.o., Brno, 500 s.

KRENÍKOVÁ V., 1999: Odpadové hospodářství. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně – Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 130 s.

KURAŠ M., 1993: Technologie zpracování odpadů. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, 279 s.

KURAŠ M., 1994: Odpady, jejich využití a zneškodňování. ČEÚ pro VŠCHT v rámci PPŽP, Praha, 243 s.

KURAŠ M., 2014: Odpady a jejich zpracování. Vodní zdroje Ekomonitor s. r. o., Chrudim, 343 s.

KURAŠ M., DIRNER V., SLIVKA V., BŘEZINA M., 2008 Odpadové hospodářství. Vodní zdroje Ekomonitor s. r. o., Chrudim, 143 s.

LIBRA J., 2005: Stavby pro odpadové hospodářství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 102 s.

MALATĚÁK J., VACULÍK P., 2008: Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství Zpracování biologicky rozložitelných odpadů, Česká zemědělská univerzita, Praha, 180 s.

MALÝ J., ŠÁLEK J., 2002: Vodní hospodářství skládek domovního odpadu a čištění průsakových vod. Vysoké učení technické, Brno, 124 s.

MORGAN S., 2009: Waste, recycling and Resue, Evans Brothers, Scarborough, 48 s.

OBROUČKA K., 2005, Výzkum spalování odpadů VŠB TU Ostrava – Projekt VaV/720/16/03

ŘEŠÁTKOVÁ J., 1987: Technologická příručka pro řízené skládkování tuhého domovního odpadu. Tisková, ediční a propagační služba místního hospodářství, Praha, 120 s.

SIROTKOVÁ D., KULOVANOVÁ M., 2005: Skládková vyhláška nově. Odpady 2005/9. 25-26.

STRAKA F., DOHÁNYOS M., 2003: Bioplyn, příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů, Říčany. Informační systém GAS, 517 s.

TCHOBANOGLIOUS G., THEISEN H., ELIASSEN R., 1977: Solid Waste: Engineering principles and management issues. McGraw-Hill Book Company, New York, 621 s.

TREVOR M. L. et VALLERO D., [ed] 2011: Waste a handbook of management, Academic Press, Massachusetts, 604 s.

VAUGHN J., 2009: Waste Management: A Reference Handbook, ABC-CLIO, Santa Barbara, 311 s.

8.2 Legislativní zdroje

ČSN 83 8030: Skládání odpadů – Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2018. 15 s.

ČSN 83 8032: Skládání odpadů – Těsnění skládek. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2018. 14 s.

ČSN 83 8033: Skládání odpadů – Nakládání s průsakovými vodami ze skládek. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2018. 10 s.

ČSN 83 8034: Skládání odpadů – Odplynění skládek. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2018. 20 s.

ČSN 83 8035: Skládání odpadů – Uzavírání a rekultivace skládek. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2018. 15 s.

ČSN 83 8036 - Skládání odpadů – Monitorování skládek. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2018. 8 s.

Vyhláška č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění.

8.3 Internetové zdroje

BALÁŠ M., SKÁLA Z., LISÝ M., 2014: Spalovny odpadu-odpad jako palivo (online) [cit. 2019.11.28], dostupné z<<https://energetika.tzb-info.cz/nakladani-s-odpady/11897-spalovny-odpadu-odpad-jako-palivo>>

GOOGLE MAPY., 2020: Letecký snímek skládky Tisová (online) [cit. 2020.02.25], dostupné z<<https://www.google.cz/maps/@50.1484529,12.6197557,1825m/data=!3m1!1e3>>

JUNGA P., 2015: Technika pro zpracování odpadů (online) [cit. 2019.03.04], dostupné z <http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/17166.pdf>

KOTOVICOVÁ V., 2014: Skládkování odpadů v Podkrušnohoří 1 (online) [cit. 2019.03.08], dostupné z <https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Ekologie/prezentaceKrenikova__rezim_kompatibility_.pdf>

LIBRA J., ŘEZNÍČEK V., 2006: Stavby pro odpadové hospodářství (online) [cit. 2018.12.16], dostupné z<<https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?opora=51>>.

SUAS., 2009: Katalog sokolovského hnědého uhlí a briket na rok 2009 (online) [cit.2020.03.23], dostupné z<https://www.suas.cz/images/dokumenty/142030152149809045aec37_1001625671497f08d8993a2_katalog_SUAS_09.pdf>

VONDRÁKOVÁ K., 2017: Co dělá skládka, když spí? (online) [cit. 2019.03.14], dostupné z <<https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandi-pisou/38870#>>

8.4 Seznam tabulek

Tabulka 1: SWOT analýza skládky Tisová

Tabulka 2: Odebraný vzorek č.1

Tabulka 3: Odebraný vzorek č.2

Tabulka 4: Odebraný vzorek č.3

Tabulka 5: Odebraný vzorek č.4

Tabulka 6: Odebraný vzorek č.5

Tabulka 7: Odebraný vzorek č.6

Tabulka 8: Odebraný vzorek č.7

Tabulka 9: Odebraný vzorek č.8

Tabulka 10: Odebraný vzorek č.9

Tabulka 11: Odebraný vzorek č.10

Tabulka 12: Součet všech odebraných vzorků

Tabulka 13: Podíl hořlavých a nehořlavých složek odpadu

Tabulka 14: Průměrná hmotnost jednotlivých složek odpadu

Tabulka 15: Výsledné hodnoty laboratorního rozboru plastů

Tabulka 16: Výsledné hodnoty laboratorního rozboru BRKO

Tabulka 17: Výsledné hodnoty laboratorního rozboru papíru

Tabulka 18: Výhřevnost jednotlivých složek odpadu

Tabulka 19: Konečná výhřevnost průměrného odebraného vzorku

Tabulka 20: Porovnání průměrné výhřevnosti výzkumu prof. Obroučky s výsledky této práce

8.5 Seznam obrázků

Obrázek 1: Letecký snímek skládky Tisová

Obrázek 2: Plán skládky Tisová

Obrázek 3: Jímka průsakových vod skládky Tisová

Obrázek 4: Plynová studna umístěná na koruně skládkového tělesa

Obrázek 5: Dmyhadla čerpací stanice MAEN 200-SP

Obrázek 6: Kogenerační jednotka a vysokoteplotní pochodeň skládky Tisová

Obrázek 7: Vnitřek kogenerační jednotky – plynové motory

Obrázek 8: Váha KPZ 58-2

Obrázek 9: Termogravimetrický analyzátor Leco TGA

Obrázek 10: Kalorimetr Leco AC-600

Obrázek 11: Elementární analyzátor CHN628+S

Obrázek 12: Graf – hmotnostní rozmezí odebraných vzorků

Obrázek 13: Graf – procentuální zastoupení jednotlivých složek odpadu